1. Physics, 1829
2. " — Bibl.
3. Metrology
4. Geography, Astronomical
5. Horology

SMD

ALLGEMEINE

ENCYKLOPÄDIE DER PHYSIK.

BEARBEITET

VON

P. W. BRIX, B. W. FEDDERSEN, F. C. O. von FEILITZSCH, F. GRASHOF,
F. HARMS, H. HELMHOLTZ, G. KARSTEN, H. KARSTEN, C. KUHN, J. LAMONT
E. E. SCHMID, L. SEIDEL, A. STEINHEIL, E. VOIT, G. WEYER.

HERAUSGEGEBEN

VON

GUSTAV KARSTEN.

I. BAND.

EINLEITUNG IN DIE PHYSIK.

LEIPZIG,
LEOPOLD VOSS.
1869.

EINLEITUNG IN DIE PHYSIK.

BEARBEITET

VON

G. KARSTEN, PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT KIEL,

F. HARMS, PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BERLIN,

UND

G. WEYER, PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT KIEL.

MIT 87 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG,

LEOPOLD VOSS.

1869.

Inhalt.

Vorbemerkung.

§. 1. Während jeder folgende Band der physikalischen Encyklopädie einem besonderen Abschnitte der Physik gewidmet ist, werden in diesem ersten Theile unter dem Titel „Einleitung in die Physik“ verschiedenartige Gegenstände behandelt, welche aber das Gemeinsame haben, dass jeder für sich in besonderer Rücksicht als Grundlage für das ganze Lehrgebäude zu betrachten ist. In andern Worten: es enthält die Einleitung in die Physik die materiellen und speculativen Hülfsmittel, welche in dem ganzen Gebiete der Physik zur Anwendung kommen.

Wir unterscheiden fünf solcher Hülfsmittel. Es sind diese: erstens die allgemeine Literatur oder ein geordnetes Verzeichniss aller solcher Schriften, in denen jeder Theil der Physik abgehandelt wird; zweitens die speculative Grundlage der Physik, deren Methode ebenfalls in jedem Theile der Physik Anwendung findet und welche zu einem logischen System in der Anordnung der Lehren des ganzen Gebietes führen soll; drittens der Prüfstein der physikalischen Erkenntniss, insofern deren Gültigkeit stets auf die genaue Ausmessung des Raumes und der Zeit zurückgeführt werden kann; allgemeine Maassbestimmungen des Raumes und der Zeit; viertens die materielle Basis aller physikalischen Erscheinungen oder die Lehre von der Beschaffenheit des physischen Körpers im Allgemeinen; fünftens die gemeinsame Charakteristik aller physischen Kräfte.

Dieser Eintheilung gemäss zerfällt die Einleitung in die Physik in folgende Kapitel:

Kap. I. Allgemeine Literatur der Physik;
„ II. Einleitung in die speculative Physik;
„ III. Ausmessung des Raumes;
„ IV. Zeit- und Orts-Bestimmung;
„ V. Beschaffenheit des physischen Körpers im Allgemeinen;
„ VI. Von den physischen Kräften im Allgemeinen.

Sehen wir die vorzüglichsten Aufgaben der Physik in der Erkennung der Gesetze, nach denen die Kräfte der Natur Bewegungen in der Körperwelt veran-

lassen, ferner in der Feststellung der Einwirkungen bewegter Körper auf einander, sodann in dem Nachweise des Verhältnisses, in welchem die unter verschiedenen Formen auftretenden Naturkräfte zu einander stehen, und endlich in der Erkenntniss der eigentlichen Natur der Kraft, so mögen diese Angaben in Rücksicht auf die im zweiten Kapitel anzustellenden ausführlichen Erörterungen für jetzt genügen, um ungefähr die Grenzen anzudeuten, bis zu denen wir das Gebiet der Physik auszudehnen denken.

Der Umfang der Physik, wie er gewöhnlich festgestellt wird, als die Mechanik, die Lehre der wirklichen und hypothetischen Wellenbewegungen (Akustik, Optik, Thermik), die Lehre von den elektrischen Kräften einschliessend, wird dadurch weiter gesteckt, dass erstlich die unmittelbaren praktischen Anwendungen der gewonnenen Resultate, zweitens solche Abschnitte der Physiologie, welche schon eine streng physikalische Darstellung erlauben, drittens Hülfswissenschaften, die wesentlich auf physikalischen Principien beruhen und in vielfacher Wechselbeziehung zu wichtigen physikalischen Erörterungen stehen (Grundlage der Geodäsie und Astronomie, Krystallographie), hinzutreten.

Von diesem Gesichtspunkte aus sind nun auch in dem folgenden ersten Kapitel eine grössere Zahl von Schriften aufgeführt, die nicht der Physik im engeren Sinne angehören, sondern sich auf die erwähnten Nachbargebiete erstrecken, wobei indessen für diese nicht die gleiche Vollständigkeit wie für die streng physikalischen Werke erstrebt wurde.

Kapitel I.

Allgemeine Literatur der Physik.

§. 2. Die allgemeine Literatur der Physik wurde, namentlich in älteren Handbüchern der Physik, schon öfter zusammengestellt, doch war es wohl, mit Ausnahme des berühmten Werkes von Th. Young, niemals die Absicht, eine bibliographisch vollständige Uebersicht aller Schriften zu geben. Diese Absicht lag bei der folgenden Zusammenstellung vor, doch ist dieselbe nur sehr mangelhaft erreicht worden. Besonders bei den ausserdeutschen Werken werden grosse Lücken bemerkbar sein, vorzüglich aus dem Grunde, weil für die ausländische Literatur nicht wie im deutschen Buchhandel von alten Zeiten her regelmässige und ausführliche Verzeichnisse aller neuen Druckschriften vorhanden sind und die Hülfsmittel der mir zur Benutzung zugänglichen Bibliotheken nur sehr unvollkommen diesen Mangel ersetzten.

Es genügt nach meiner Ansicht keineswegs, allein die bedeutenderen Werke in einer Literaturübersicht aufzunehmen, sondern möglichste Vollständigkeit muss das Ziel sein, dem man zuzustreben hat, indem einerseits das Urtheil über die einstige Wichtigkeit eines Werkes für die Geschichte der Forschungen häufig sehr unsicher sein wird, andererseits nur durch grosse Vollständigkeit Vortheile erzielt werden, die ohne dieselbe verloren gehen. Zunächst erwächst unmittelbar den physikalischen Untersuchungen Nutzen, insofern auf scheinbar unbedeutende

oder, wie es bei der grossen Ausbreitung periodischer Schriften leicht geschehen kann, auf unbekannte Schriften aufmerksam gemacht wird. Grosse Entdeckungen werden allerdings nicht dadurch verloren gehen, dass sie in einer unbekannten Zeitschrift oder einem nicht verbreiteten Handbuche zuerst veröffentlicht wurden, aber die Geschichte der Physik zeigt oft genug, dass die Keime bedeutender Arbeiten lange Jahre unentwickelt blieben, weil ihr Dasein eben nicht gekannt war und sie nicht gepflegt werden konnten. Ausser diesem directen Nutzen einer vollständigen Literatur ist dieselbe eine nothwendige Vorarbeit zu einer Geschichte der Physik, welche, dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft entsprechend, uns noch gänzlich fehlt. Endlich dürfte auch in bibliographischer Rücksicht eine genaue Aufzeichnung aller Schriften erwünscht sein, wie schon die von Zeit zu Zeit wiederholte Herausgabe von Literaturverzeichnissen für einzelne Wissenschaften beweist, die sich neuerdings leider noch nicht bis auf die Physik erstreckt hat.

§. 3. Zur grösseren Uebersichtlichkeit sind die allgemeinen Schriften unter sieben Rubriken, nämlich den folgenden, aufgeführt.

1. Verzeichnisse über die Literatur der Physik.
2. Zur Geschichte der Physik; biographische Werke.
3. Jahresberichte und Repertorien.
4. Encyklopädien und Wörterbücher.
5. Schriften gelehrter Gesellschaften.
6. Periodische Zeitschriften.
7. Physikalische Lehrbücher und Sammelwerke eines Autors.

Einige Bezeichnungen bei den Titeln anlangend, so bedeutet *, dass ich das Werk durch Augenschein kenne, während die übrigen von mir nur nach Citaten aufgeführt sind; ≍ bedeutet bei den Schriften unter 5 und 6, dass mir ihr noch fortdauerndes Erscheinen bekannt ist; mit **P.** ist eine Schrift bezeichnet, deren Inhalt ganz oder überwiegend der Physik im engeren Sinne angehört; **ph.** deutet die naturphilosophische Richtung eines Werkes an. Die Zahlen endlich hinter den Namen der Autoren sind die Geburts- und Sterbejahre.

Alle diese Bezeichnungen sind so wenig vollständig wie die ganze Literaturübersicht; doch hege ich die Hoffnung, dass, wenn meine Ansicht von der Wichtigkeit der Literatur von den Gelehrten getheilt wird, sich durch die Unterstützung derselben dieser noch wenig cultivirte Zweig bald zur Vollkommenheit ausbilden wird [1].

§. 4. 1. Verzeichnisse über die Literatur der Physik. (Ausser in vielen älteren physikalischen Lehrbüchern.)

1695. Dan. Geo. Morhofii (1639—91) Polyhistor liter. philos. et pract. 4.; ed. a Joh. Mollero. Lübeck 1714. 3 Vol. 4.; ed. ab Alb. Fabricio. Leipz. 1732.
1724. * Jul. Bernh. v. Rohr (....—1742) Compendieuse physicalische Bibliothek. Leipzig. 1 Vol. 8.
1749. *Monthly Review.* London 1749—.... Vol. 8.
1751. * Boerhave (1666—1738) Methodus studii medici, ed. a Haller. Amst. 2 Vol. 4.
1754. * P. Jul. B. v. Rohr Compendieuse physikalische Bibliothek, ed. II. a Kästner. Leipzig. 8.

[1] Berichtigungen und Zusätze werde ich mit dem grössten Danke entgegennehmen und wird die verehrl. Verlagshandlung bereit sein, mir derartige Mittheilungen zugehen zu lassen.

1770. * J. Beckmann (1739—1811) Physikalisch-ökonomische Bibliothek, worin von den neuesten Büchern, welche die Naturgeschichte, Naturlehre u. s. f. betreffen, zuverlässige Nachrichten ertheilt werden. Gött. 1770—1806. 23 Vol. 8.
1775. * P. J. Chr. P. Erxleben (1744—77) Physikalische Bibliothek. Gött. 1775—79. 4 Vol. 8.
1777. J. Ephr. Scheibel (1736—1809) Einleitung in die mathematische Bücherkenntniss. Breslau. 8.
Chr. Ehr. Weigel (1748—1831) Grundriss der Chemie. Greifswald. 2 Vol. 8.
1788. * Sgm. F. Hermbstädt (1760—1833) Bibliothek der neuesten physischen .... Literatur. Berlin 1788—95. 4 Vol. 8.; Forts. von F. Wolff. Berlin 1802. 3 Hfte. 8.
1798. F. W. A. Murhard (1778—....) Literatur der mathematischen Wissenschaften. Leipzig. 2 Vol. 8.
* Dryander Catalogus bibliothecae Banksianae. London. 5 Vol. 8.
1799. * Allgemeines Repertorium der Literatur für die Jahre 1785—95. 10. Abth. physikal.-naturhist. Liter. Weimar. 4.
1802. L. Dutens (1730—1812) *Bibliothèque choisie.* London. 8.
1805. * Jer. Dav. Reuss (1750—1837) Repertorium commentationum a soc. lit. edit. Sc. nat. Tom. IV. Gött. 4.
1806. W. Trg. Krug (1770—1842) Encyklopädisches Handbuch der Litteratur. Die physik. Lit. von E. G. F. Wrede (....—1815) und F. B. Weber (1774—....). Leipz. 8.
1807. * P. Th. Young (1773—1829) *A course of lectures on natural philosophy cet.* T. II. *a catalogue of works relating to natural philosophy.* London. 4. (Das Verzeichniss ist in der neuen Ausgabe von Kelland, London 1845, 8., auf die einzelnen Kapitel des Textes vertheilt und nur unvollständig abgedruckt.)
1813. J. Sm. Ersch (1766—1828) Literatur der Mathem., Natur- und Gewerbskunde. Amst. u. Leipz. 8.
1824. * de Férussac (1786—1836) *Bulletin des sc. mathém., astr., physiques et chim.* Paris 1824—31. 16 Vol. 8.
1828. * J. S. Ersch Literat. der Mathem. u. s. f. Amst. u. Leipz. 8.; ed. II.
1832. Bibliotheca physico-medica. Verzeichniss wichtiger älterer sowohl, als sämmtlicher seit 1821 in Deutschland gedruckter Bücher aus den Fächern der Physik etc. Leipz. 8.
* P. Literaturverzeichnisse in Fechner's Repert. d. Experim. phys. III. 166 ff. 203 ff.
1833. * P. G. W. Muncke Art. Physik. Literatur der Physik in Gehler's neuem phys. Wörterb. T. VII. S. 548 ff. T. XI. 458 ff. Leipz. 8.
1835. * Bibliotheca physico-medica. Leipz. 8.; ed. II.
1837. J. C. Theile Bibliothek der Naturwissenschaften neuester Zeit. Leipz. 8.
1851. * E. A. Zuchold Bibliotheca historico-naturalis, physico-chemica et mathematica. Götting. 1851. 52. 8.
1852. * Catalog der Bibliothek der Ministerial-Abtheilung für Bergwerke, Hütten und Salinen. Berlin. 4. S. 114 ff.
1854. * L. A. Sohncke (....—1853) Bibliotheca mathematica. Leipz. 8.

§. 5. 2. Zur Geschichte der Physik. (Ausser den Schriften über die Physik des Alterthums.)

1782. * J. Beckmann (1739—1811) Beiträge zur Geschichte der Erfindungen und Entdeckungen. Leipz. 1782—1805. 4 Vol. 8.
1786. Vollständige theoretisch-praktische Geschichte der Erfindungen. Zürich 1786—88. 3 Vol. 8.
* P. Chr. de Loys (1730—89) *Abrégé chronologique pour servir à l'histoire de la physique jusqu'à nos jours.* Strasb. 1786—89. 4 Vol. 8.
1787. J. Lr. Boeckmann (1741—1802) Beitrag zur Geschichte der Mathematik und Naturlehre in den Badenschen Landen. Karlsr. 8.
1792. Bh. Seb. Nau (1766—184.) Kurzer histor. Abriss des Ursprungs und der weitern Fortschritte in der Naturgeschichte, Chem., Math. und Physik. Frankf. a. M. 8.
J. C. Wiegleb (1732—1800) Geschichte des Wachsthums und der Erfindungen in der Chemie. Berl. u. Stett. 8.
1797. J. Beckmann *history of inventions cet.;* transl. by Johnson. London. 3 Vol. 8.
J. F. Gmelin (1748—1804) Geschichte der Chemie. Götting. 1797—99. 3 Vol. 8.
G. C. B. Busch (1759—1823) Almanach der Fortschritte, neuesten Erfindungen und Entdeckungen in Wissenschaften u. s. f. Erf. u. Rudolst. 1797—1812. 16 Vol. 8.
1798. P. de Loys Chronologische Geschichte der Naturlehre bis auf unsre Zeiten, hsgeg. von K. G. Kühn. Leipz. 1798. 99. 8.

1801. *P. J. K. Fischer (1760—1833) Geschichte der Physik seit Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten. Götting. 1801—8. 8 Vol. 8.
1807. J. H. M. Poppe (1776—1854) Geschichte der Technologie. Götting. 1807—11. 3 Vol. 8.
1809. P. J. Heinecken (1769—....) Ueber die wichtigsten Fortschritte in der Physik und Chemie in den letzten 30 Jahren. Bremen. 8.
1810. *P. A. Libes (1760—1832) *Histoire philosophique des progrès de la physique.* Paris 1810—13. 4 Vol. 8.
1817. J. A. Donndorf (1754—....) Geschichte der Erfindungen in allen Theilen der Wissenschaften und Künste. Quedl. u. Leipz. 1817—21. 6 Vol. 8.
1830. Th. Thomson *The history of chemistry.* London 1830—31. 2 Vol. 8.
1832. Brugger Die wichtigsten und nützlichsten Erfindungen und Entdeckungen in Gewerben, Künsten und Wissenschaften vom Anfange der Geschichte an bis auf die neueste Zeit. Freiberg. 8.
1833. P. K. C. F. Fischer Beiträge zur Urgeschichte der Physik in Schweigger's Sinne. Nordhausen. 4.
1834. P. Baden Powell *The history of natural philosophy, from the earliest periods to the present time.* London. 8.
1837. J. H. M. Poppe Geschichte aller Erfindungen und Entdeckungen im Bereiche der Gewerbe, Künste und Wissenschaften. Stuttg. 8.
1840. *P. Whewell *A history of the inductive sciences from the earliest time to the present.* London. 3 Vol. 8.
*P. Whewell Geschichte der induktiven Wissenschaften, mit Anm. von Littrow. Stuttg. 1840. 41. 3 Vol. 8.
1842. F. Höfer *Histoire de la chimie.* Paris. 2 Vol. 8.
E. F. Vogel Geschichte der denkwürdigsten Erfindungen von den ältesten bis auf die neueste Zeit. Leipz. 1842. 43. 3 Vol. 8. Neue Folge 1845. 1 Vol. 8.
1843. *H. Kopp Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843—47. 4 Vol. 8.
1853. *P. Poggendorff Lebenslinien zur Geschichte der exakten Wissenschaften. Berlin. 4.
1854. *P. K. Robida Entwickelungsgang der Physik von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart. Klagenfurt. 8.

§. 6. 2. a. Anhang zur Geschichte der Physik, biographische Werke. (Ausser den Nekrologen, *Eloges* etc. in den Zeitschriften gelehrter Gesellschaften.)

*Chr. Gli. Jöcher (1694—1758) Allgemeines Gelehrten-Lexikon. Leipzig 1750—51. 4 Vol. 4.
*Joh. Chrph. Adelung (1734—1806) Fortsetzung und Ergänzungen zu Jöcher's Gelehrtenlexikon. Leipz. 1784—87. (A—J.) 4 Vol. 4.
*Heinr. Wilh. Rotermund (1761—....) Fortsetzung des vorigen Werkes (K—R). Delmenhorst u. Bremen 1810—19. 4 Vol. 4.
Joh. Geo. Meusel (....—1820) Lexikon der vom J. 1750—1800 verstorbenen deutschen Schriftsteller. Leipz. 1802—16. 15 Vol. 8.
*Geo. Chrph. Hamberger (1726—73) Das gelehrte Teutschland oder Lexikon der jetzt lebenden teutschen Schriftsteller; fortges. von J. G. Meusel und Ersch. Lemgo 1796—1821. 18 Vol. 8.; ed. V. (ed. IV. 1783 ff.).
A. F. Brüggemann Vollständige Nachrichten von dem Leben und den Schriften der Aerzte, Wundärzte, Apotheker und der vorzüglichsten Naturforscher, welche als Schriftsteller bekannt geworden sind. Halberstadt 1829. 1 Vol. 8. (A—Boyl.)
Nowack Schlesisches Schriftstellerlexikon.
Nekrolog a. d. J. 1790—1800; hrsgeg. von Fr. Schlichtegroll. Gotha. 23 Vol. 8.
Nekrolog der Deutschen f. d. 19te Jahrh. 1802—6. 5 Vol. 8.
*Neuer Nekrolog der Deutschen üb. die Jahre 1823—47. Ilmenau u. Weimar 1824—48; und Regist. üb. 1833—42. 26 Vol. 8.
*A. C. P. Callisen Medicinisches Schriftsteller-Lexikon der jetzt lebenden Aerzte, Wundärzte, Geburtshelfer, Apotheker und Naturforscher aller gebildeten Völker. Kopenh. 1830—36. 32 Vol. 8. Bd. 33. Altona 1845.
v. d. Recke u. Napiersky Schriftsteller-Lexikon.
Biographie universelle ancienne et moderne. Paris 1811—28. 52 Vol. 8.
Dasselbe Werk italienisch. Venezia 1822—31. 65 Vol. 8.; sec. ed. Ven. 1834 ff. 8.
Biographie universelle des contemporains. Paris 1826. 30. 4 Vol. 8.
Annales biographiques. A. 1827. 1 Vol. 8.
Annuaire nécrologique. Paris an. 1820—26. 7 Vol. 8.

Le Nécrologe. Paris. 8.

* J. M. Quérard *La France littéraire.* Paris 1827—39. 10 Vol. 8.

* J. M. Quérard *La littérature française contemporaine* (contin. par F. Bourquelot et A. Maury). Paris 1840—54. (A—Pag.) 5 Vol. 8.

Biographia Britannica, or the lives of the most eminent persons who have flourished in Great-Britain and Ireland. London 1747—66. 7 Vol. Fol.; new ed. by G. Kippis. London 1778—93. 5 Vol. Fol.

A new and general biographical dictionary containing the lives and writings of the most eminent persons in every nation. London 1795. 8 Vol. 8.; id. new ed. 1798. 15 Vol. 8.; id. new ed. by Al. Chalmers (1759—1834). London 1812—17. 32 Vol. 8.

The annual biography for the years 1817—37. London. 21 Vol. 8.

New general biographical dictionary ed. by J. Rose etc. Oxford 1839 ff. 12 Vol. 8.

* P. D. Brewster *Life of Sir Isaac Newton.* London 1832. 18.

* P. Dasselbe Werk übers. v. B. M. Goldberg. Leipzig 1833. 8.

* W. Th. Lowndes *The bibliographers manual.* London 1834. 4 Vol. 8.

Biographiskt Lexicon öfver namnkunn Svenska män.

* Jens Worm Forsøg til et Lexicon over danske, norske og islandske laerde Maend. Kiøbenhavn 1782—84. 3 Vol. 8.

Biografia degli Italiani illustri nelle scienze etc. del secolo XVIII e de contemporanei. Comp. p. cura del Em. di Tipaldo. Venez. 1835—42. 8 Vol. 8.

* P. R. Casper Galileo Galilei, Zusammenstellung der Forschungen und Entdeckungen Galilei's u. s. f. Stuttgart 1854. 8.

Verzeichnisse von biographischen Nachrichten s. a. in der Bibliotheca Banksiana. I. 170 ff.

§. 7. 3. Jahresberichte und Repertorien.

* P. J. K. P. Grimm (1768—1813) Repertorium der neuesten Fortschritte der Physik. Breslau 1800. 1 Hft. 8.

* P. G. Th. Fechner (1801—....) Repertorium der Experimentalphysik. Leipzig 1832. 3 Vol. 8.

* P. = Repertorium der Physik. Eine Zusammenstellung der neueren Fortschritte dieser Wissenschaft. Hsgeg. von H. W. Dove und L. Moser. Berlin 1837—49. 8 Vol. 8.

J. Jac. Berzelius (1779—1848) Årsberaettelse om Vetenskapernes Framsteg afgifne af kongl. Vetenskaps Academiens Embetsmän. Stockh. 1822—51. 30 Vol. 8.

* J. Jac. Berzelius Jahresbericht üb. d. Fortschritte der physischen Wissenschaften aus dem Schwedischen von Ch. Glo. Gmelin (1792—....), später von F. Wöhler. Vom 23. Jahrg. unter d. Tit.: Jahresber. üb. d. Fortschritte der Chemie und Mineralogie. Nach Berzelius Tode fortgesetzt von L. Svanberg. Tübingen 1822—51. Jahrg. 1—30. 8. Sach- und Namenregister zum Jahrg. 1—5. Tüb. 1826. 8.; zum Jahrg. 6—17. Tüb. 1839. 8.; zum Jahrg. 1—25. Tüb. 1847. 8.

Dasselbe Werk; traduit du suédois par Plantamur. Paris 1841—47. 7 Vol. 8.

* P. Svanberg och Siljeström Berättelse om framstegen i fysik aren 1843 och 44. Stockholm 1847. 8.

* P. = Die Fortschritte der Physik. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft in Berlin. Jahrg. 1—4 für 1845—48, red. von G. Karsten; Jahrg. 5 für 1849, red. von G. Karsten u. W. Beetz; Jahrg. 6. 7. für 1850. 51., red. von A. Krönig. Berlin 1847—54. 6 Vol. 8.

* = J. Liebig und Kopp Jahresbericht über die Fortschritte der reinen und pharmaceutischen und technischen Chemie, Physik, Mineralogie und Geologie für 1847—53. Giessen 1849—54. 6 Vol. 8.

* P. = Joh. Müller Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik, in ihrem Zusammenhange dargestellt. Braunschweig 1849—51. 1 Vol. 8.

* Wagner Bericht über die neuesten Fortschritte in der Chemie, Physik und Mineralogie, als Ergänzung zu dessen Handwörterbuch der Chemie und Physik. Berlin 1850. 8.

§. 8. 4. Encyklopädien und Wörterbücher.

1749. P. *Dictionnaire universel de mathématique et de physique.* Paris. 2 Vol. 4.

1753. P. Savérien (1720—1805) *Dictionnaire de mathématique et de physique.* Paris. 2 Vol. 4.

1767. P. *Dictionnaire de physique portatif par l'auteur du grand dictionnaire de physique.* Paris et Avignon. 8.

1781. * P. Sigaud de la Fond (1740—1810) *Dictionnaire de physique.* Paris. 4 Vol. 8.; et suppl. 1782. 8.

* P. Math. Jac. Brisson (1725—1806) *Dictionnaire raissonné de physique.* Paris. 2 Vol. 4.

1787. * P. J. Sm. Trg. Gehler (1751—95) Physikalisches Wörterbuch, oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre. Leipz. 1787—95. 6 Vol. 8.

1793. * P. *Dictionnaire de physique*, par MONGE (1746—1818), JEAN DOM. CASSINI (1748—....), BERTHOLON (....—1799), de l'Académie des sciences. Paris. 4. (Der erste Band enth. A und B, wozu der zweite Supplemente liefert. Dieser und die folgenden haben den Titel:) *Encyclopédie méthodique. Physique par* MONGE *etc.* (Im Ganzen:) 4 Vol. 4. Text und 2 Vol. Kupfer.

1798. * P. J. S. T. GEHLER Physikalisches Wörterbuch. Leipz. 1798. 99. 6 Vol. 8.; ed. II. J. K. FISCHER (1760—1833) Physikalisches Wörterbuch. Götting. 1798—1827. 6 Vol. 8. und 4 Vol. Suppl. 8.

1800. P. BRISSON *Dictionnaire raisonné de physique.* Paris. 4 Vol. 8. et Atlas en 4.; ed. II(?).

1805. P. C. PH. FUNKE (175 .—1807) Handwörterbuch der Naturlehre, insonderheit für Ungelehrte und für Liebhaber dieser Wissenschaft. Leipz. 2 Vol. 8. Theil III. von LIPPOLD. Leipz. 1819. 8.

1806. * P. Systematische Darstellung aller Erfahrungen in der Naturlehre, entworfen von JOH. RUD. MAYER d. J., bearbeitet von mehreren Gelehrten. Th. 1—3 von L. v. SCHMIDT gen. PHISELDECK (1769—1851). Th. 4. von K. A. KIELMANN (178 .—....). Aarau. 4 Vol. 4.

* P. A. LIBES (1760—1832) *Nouveau dictionnaire de physique.* Paris. 3 Vol. 8. et Atlas.

1815. CH. HUTTON *Philosophical and mathematical dictionary.* London. 2 Vol. 4.

1820. *Dizionario di fisica e chimica.* Milano 1820—37. 9 Vol. 8. und 2 Suppl. 1834—42.

1825. * P. GEHLER Physikalisches Wörterbuch, neu bearbeitet von BRANDES (1777—1834), CHR. GLO. GMELIN (1792—....), HORNER (1771—1834), MUNCKE und PFAFF (1774—1852). 11 Bde. in 23 Vol. 8. Leipz. 1825—45.

1829. P. *Library of useful Knowledge. Natural philosophy.* London. 2 Vol. 8.

1831. P. *The Cabinet Cyclopaedia, cond. by* D. LARDNER. Part. 3. *Cabinet of natural philosophy* London. 12 Vol. 8.

1834. * P. OSW. MARBACH Populäres physikalisches Lexicon oder Handwörterbuch der gesammten Naturlehre. Leipz. 1834—38. 4 Bde. u. 1 Bd. Register. 5 Vol. 8.

1842. * P. Handwörterbuch der Chemie und Physik von AUGUST, BARENTIN, BEETZ, BISCHOF u. A. Berlin 1842—50. 3 Vol. 8.

1850. * P. = O. MARBACH Populäres physikalisches Lexikon. Bd. I. Leipz. 8. Bd. II. u. III. fortges. von C. S. CORNELIUS. Leipz. 1850—54. 3 Vol. 8. (A—H.) ed. II.

1813. PET. BARLOW *Mathematical and philosophical dictionary.* London. 8.

1835. * *Dictionnaire des sciences mathématiques pures et appliquées, par une société d'anciens élèves de l'école polytechnique, sous la direction de* A. S. DE MONTFERRIER. Paris 1835—45. 3 Vol. 4.

1845. G. A. JAHN Wörterbuch der angewandten Mathematik. Leipz. 2 Vol. 8.

1807. * M. H. KLAPROTH (1743—1812) und F. WOLFF (1766—183 .) Chemisches Wörterbuch. Berlin 1807—10. 5 Vol. 8. Supplemente. Berlin 1816—19. 4 Vol. 8. Dasselbe Werk: trad. par BOUILLON-LAGRANGE et VOGEL. Paris 1811. 12. 4 Vol. 8.

1817. J. F. JOHN (1782—184 .) Handwörterbuch der allgemeinen Chemie. Leipz. u. Altenb. 1817—19. 4 Vol. 8.

1823. A. URE *A dictionary of chemistry on the basis of Mr.* NICHOLSON's. London. 8.

1825. * A URE Handwörterbuch der prakt. Chemie, angew. auf die andern Zweige der Naturw. Mit Anm. von DÖBEREINER (1781—1852). Weimar. 8.

1828. HEINR. LENG (1795—1835) Handwörterbuch der Chemie. Ilmenau. 8.

1842. * = LIEBIG, POGGENDORFF und WÖHLER Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. Braunschweig 1842—54. Bd. 1—5 und Suppl. Bd. 1; von Bd. 3 an redig. von H. KOLBE. 6 Vol. 8. (A—Ozon und Suppl. Ab—Cym.)

1846. WITTSTEIN Vollständiges etymologisch-chemisches Handwörterbuch. München 1846—49. 2 Vol. u. 1 Ergzshft. 8.

1698. HOFFMANN Lexicon universale. Leyd. 4 Vol. Fol.

1699. HARRIS Lexicon technicum. London 1699—1704. Fol.

1733. * Grosses vollständiges Universallexikon aller Wissenschaften und Künste. Halle u. Leipz. 1733—50. 64 Vol. Fol.

1751. * *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers par une société des gens de lettres; mis en ordre et publiée par* D. DIDEROT (1713—84) *et* J. L. D'ALEMBERT (1717—83). Paris et Neufchatel 1751—65. 17 Vol. Fol. *Supplément à l'Encyclopédie.* Amst. 1776. 77. 4 Vol. Fol. *Recueil des planches etc.* Paris 1762—72. 11 Vol. Fol. *Suite de recueil des planches.* Amst. 1777. Fol.; i. G. 33 Vol. Fol.

1773. * = J. G. Krünitz (1728—96) Oeconomische Encyklopädie; fortges. von F. J. Flörke (1758—99), seit 1818 von H. G. Flörke (176 . — 1835), dann von J. W. D. Korth, von Thl. 189 an von Korth und C. O. Hoffmann, von Thl. 200 an von Korth und L. Kossarski. Berlin 1773—1852. 208 Vol. 8.
1728. Ephr. Chambers *Cyclopaedia*. London 1728. 2 Vol. Fol.
Id. new ed. 1738. 2 Vol. Fol.
Id. ed. V. 1742. Fol.
Id. ed. by Abr. Rees. London 1786. 4 Vol. Fol.
Abr. Rees *The new Cyclopaedia*. London 1801—20. 49 Vol. 4.
1778. *Encyclopaedia Britannica*. Edinb. 10 Vol. 4.
Id. edit. III. Edinb. 1797. 18 Vol. 4.
Id. edit. IV. Edinb. 1810. 20 Vol. 4.
* Id. edit. V. 1814—17. 18 Vol. 4.
Id. edit. VI. 1819—23. 20 Vol.
Id. edit. VII. by Marway Napier. 1830. 20 Vol.
Id. American edit. Philadelphia 1794. 4.
1782. * *Encyclopédie méthodique*. Paris 1782—1833. 172 Vol. 4.
1802. Willich *Domestic encyclopaedia*. 4 Vol. 8. London.
1809. * *Edinburgh Encyclopaedia, conduct. by* D. Brewster. Edinb. 1809—31. 18 Vol. 4.
1829. * *Encyclopaedia Metropolitana or universal dictionary of knowledge cet. Second division: Mixed sciences*. London 1829—31. 3 Vol. 4.
1841. Samuel Maunder *The scientific and literary treasury*. London. 8.
1842. Brande's *Dictionary of science, litterature and art*. London. 8.
1817. * = Allgemeine Encyclopädie der Wissenschaften und Künste in alphabetischer Folge, redig. von Ersch und J. G. Gruber (1774—1851). Leipzig 1817—54. 4.
1830. J. Jos. Prechtl (1778—1854) Technologische Encyclopädie. Stuttg. 1830—51. 17 Vol. 8. u. Atl.
1834. *Enciclopedia portatile*. Die 9te Abth.: *Fisica*. 2 Vol. 32.
1837. C. Hartmann Encyklopädisches Wörterbuch der Technologie, der technischen Chemie, Physik und des Maschinenwesens. Augsb. 1837—41. 4 Vol. 8.
1844. *Nouv. Encyclopédie des gens du monde. Dict. rais. contenant les principes généraux de la physique etc*. Bruxelles. 2 Vol. 8.

(Hierher gehören auch die Conversationslexika von Brockhaus, Pierer und ähnliche Werke, welche viele Artikel über physikalische Zweige enthalten.)

§. 9. 5. **Schriften gelehrter Gesellschaften.** (Nach Ländern geordnet: a. Deutschland; b. Schweiz; c. England und Colonien; d. Amerika; e. Frankreich; f. Belgien; g. Holland; h. Dänemark; i. Schweden und Norwegen; k. Russland; l. Italien; m. Spanien und Portugal. Die Uebersetzungen oder Auszüge in anderer Sprache sind bei dem Originale erwähnt.)

a. Deutschland.

(Kaiserliche Akademie der Naturforscher 1652.)

* Miscellanea curiosa, seu ephemerides medico-physicae academiae naturae curiosorum. Norimb. 1670—1706. 24 Vol. 4.
* Ephemerides academiae caes. nat. curios. Norimb. 1712—22. 5 Vol. 4.
* Acta physico-medica acad. caes. leopoldino-carol. nat. cur. Norimb. 1727—54. 10 Vol. 4.
(Kellner) Index rerum memorabilium. Norimb. 1739. 4.
E. Büchner (1701—69) Historia acad. nat. curios. Hal. 1756. 4.
* Nova acta physico-medica acad. caes. leop. carol. nat. cur. Norimb. 1754—91. 8 Vol. 4.
* Abhandlungen der Kais. Akad. der Naturf. Nürrenb. 1755. 4.
* = Verhandlungen der Leopoldin. Carol. Acad. der Naturforscher. Erlangen, Breslau, Bonn 1818—54. 21 Vol. 4.

(Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1700 [1743].)

* Miscellanea berolinensia ad incrementum scient. ex scriptis soc. reg. scient. Berol. et Halae 1710—44. 7 Vol. 4.
* *Histoire de l'Ac. roy. des sc. et belles lettres de Berlin* 1745—69 *avec les Mém. pour la même année*. Berl. 1746—69. 25 Vol. 4.
J. Th. Eller Physisch-chymisch-medicin. Abh. aus den Gedenkschriften der Kgl. Ak. d. Wissensch. Berlin 1764. 2 Vol. 8.

* *Hist. de l'Ac. roy. d. sc. et belles lettres depuis son origine jusqu'à présent.* Berlin 1730. 4.
* *Nouveaux mémoires de l'Académie royale etc.* 1770—1804. Berlin 1772—1807. 30 Vol. 4.
* *Hist. de l'Ac. Roy. d. sc. de Berlin.* Berlin 1782. 4.
Physik u. med. Abh. der kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin; a. d. Lat. u. Franz. von J. Kr. Mümler (1753—87). Gotha 1781—86. 4 Vol. 8.
Abh. d. Kgl. Preuss. Ak. d. Wissensch. in Berlin für 1788—1803. Berlin 1788—1804. 6 Vol. 4.
* = Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1804—53. Berlin 1815—54. 38 Vol. 4.
* = Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Kgl. Preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin. Berlin 1836—54. 19 Vol. 8.

(Naturforschende Gesellschaft in Danzig 1743.)

Versuche und Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Danzig. Danz. u. Leipz. 1747—56. 3 Vol. 4.
Neue Sammlung von Versuchen und Abhandlungen u. s. w. Ebend. 1778. 4.
* = Neueste Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig. Halle u. Danzig 1821—53. 5 Vol. 4.

(Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen 1750.)

Commentarii societatis regiae scientiarum Gottingensis. Gott. 1752—55. 4 Vol. 4.
Novi comment. soc. reg. sc. Gott. ed ann. 1769—77. Gott. 1771—78. 8 Vol. 4.
Deutsche Schriften von der Kgl. Societät der Wissenschaften zu Göttingen herausgegeben. Gött. 1771. 8.
* Commentat. soc. reg. sc. Gotting. Gott. 1779—1808. 16 Vol. 4.
* Commentat. recentiores soc. reg. sc. Gotting. Gott. 1811—32. 7 Vol. 4.
* P. = Abhandlungen der physikalischen Klasse der Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Gött. 1843—50. 4 Vol. 4.
* = Göttingische gelehrte Anzeigen unter Aufsicht der Kgl. Ges. d. Wiss. Götting. 1753—1854. 102 Jahrg. 8. (Angehängt sind:) Nachrichten von der Georg-Augustus-Universität und der Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen.

(Kurf. Mainzische Akademie zu Erfurt 1754.)

Acta academiae elect. Moguntinae scient. utilium quae Erfordiae est. Erf. et Goth. 1757. 61. 77—96. 2 Vol. 8. und 12 Vol. 4.
Historia comment. acad. elect. Moguntinae scientiarum quae Erfordiae est ad. a. 1778. 79. Erf. 1780. 4.
Commentat. med., phys., chem. etc. academ. Erford. Erf. 1780.
Nova acta Acad. Erford. ad ann. 1797—1806. Erf. 1799—1806. 4 Vol. 8. Neue Folge Sammlung 1. (als Vol. V.) Erf. 1828. 4.
Physikalische Abhandlungen der Erfurter Akademie. Erf. u. Gotha 1805.

(Akademie der Wissensch. zu München 1750, erneuert 1808.)

Abhandlungen der kurfürstl. Baierschen Akademie der Wissenschaften. München u. Nürrenb. 1763—76. 10 Vol. 4.
Neue philosophische Abhandlungen der Baierschen Ak. d. Wissensch. Ebend. 1778—97. 7 Vol. 4.
Erster bis vierter Bericht über die Arbeiten der mathem.-physik. Klasse der Kgl. Bair. Ak. München 1807—11. 4.
Vierteljährliche Berichte, üb. d. Arb. der physik.-mathem. Classe von 1823—26. München. 4.
Dieselben jährlich von 1825—31. München. 3 Vol. 4.
* Denkschriften der Kgl. Bair. Akad. der Wissenschaften zu München. München 1809—25. 9 Vol. 4.
* = Gelehrte Anzeigen, herausg. von den Mitgliedern der Kgl. Bayrischen Akademie der Wiss. zu München. München 1835—54. 39 Vol. 4.
* P. = Abhandl. der mathematisch-physikalischen Classe der Kgl. Bayrischen Akad. der Wissenschaften. München 1832—50. 5 Vol. 4.

(Kurfürstl. Pfälzische Akad. 1763.)

Acta academiae Theodoro-Palatinae. Mannh. 1766—94. 7 Vol. in 11 Tom. 4.
Historia et comm. Acad. elect. Theod. Palat. Mannh. 1766—90. 6 Vol. 4.
Ephemerides Societatis meteorologicae Palatinae ed. a. 1781—92. Mannh. 1783—94. 12 Vol. 4.

(Kurpfälzische physik.-ökonom. Ges. 1770.)

Bemerkungen der Churpfälzischen physikalisch-ökonom. Gesellschaft. Mannh. 1784. 85. 2 Vol. 8.
Vorlesungen der kurpfälz. phys.-ökon. Ges. Mannh. 1785—91. 5 Thle. 7 Vol. 8.
Staatswirthsch. Vorles. etc. der Churpf. phys.-ökon. Ges. Mannh. 1791. 92. 2 Vol. 8.

(Jablonowsky'sche Gesellschaft 1766, seit 1846 Kgl. Sächs. Ges. d. Wissenschaften zu Leipzig.)

Acta Societat. Jablon. ann. 1771—72. Leipz. 1772. 73. 4.
Acta Societ. Jablon. nova. Leipz. 1802—45. 9 Vol. 4.
* Schriften der Jablonowskyschen Gesellschaft bei Begründung der Kgl. Sächs. Ges. der Wissenschaften zu Leipzig. Leipz. 1846. 4.
* P. = Abhandlungen der Kgl. Sächs. Ges. der Wissensch. Bd. I. Abh. der mathem.-physischen Classe. Leipzig 1852. 4.
* = Berichte üb. die Verhandlungen der Kgl. Sächsischen Gesellsch. der Wissenschaften zu Leipzig. Leipz. 1847—54. 8 Vol. 8.

(Grossherz. Hessische Akademie 1770.)

Acta philosophico-medica soc. acad. scient. principalis Hassiacae. Giess. 1771. 4.

Abhandlungen des staatswirthschaftl. Instituts zu Marburg. Offenb. 1790. 1 Vol. 8.

(Ges. zur Beförd. der gesammten Naturw. 1816.)

Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. Marb. 1823—49. 7 Vol. 8.

Schr. d. Oberhessischen Ges. f. Natur- u. Heilkunde. Giessen 1847 ff. 3 Vol. 8.

(Patriotische Gesellschaft in Breslau 1771; ging 1791 ein; regenerirt seit 1803 als Ges. zur Beförderung vaterländischer Cultur.)

Oekon. Nachr. der patriotischen Ges. in Schlesien auf die Jahre 1772—84. Breslau 1774—84. 12 Vol. 4.
Verhandl. d. Ges. zur Bef. d. Naturk. u. Industrie Schlesiens. Halle 1806. 2 Hfte. 8.
* = Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterl. Kultur. Jahresber. f. 1823—52. Breslau 1825—53. 4.
* Denkschrift zur Feier ihres 50jährigen Bestehens, hsgeg. v. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur. Breslau 1853. 4.

(Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin 1773.)

* Beschäftigungen der Berlinischen Gesellschaft naturforschender Freunde. Berlin 1775—79. 4 Vol. 8.
* Schriften der Berl. Ges. naturf. Freunde. Berlin 1780—94. 11 Vol. 8.
Dieselben englisch: *Elegant extracts .... by* R. Heron. London 1793. 2 Vol. 8.
* Neue Schriften der Berl. Ges. naturf. Fr. Berlin 1795—1805. 4 Vol. 4.
* Magazin der Berl. Ges. naturf. Fr. Berlin 1807—16. 8 Vol. 4.
* Verhandlungen der Ges. naturf. Fr. zu Berlin. Berlin 1819—29. 1 Vol. (6 Hfte.) 4.
* Mittheilungen aus den Verh. der Ges. naturf. Fr. zu Berlin. Berlin 1836—39. 3 Vol. 4.
(Seitdem nur Sitzungsberichte in den öffentlichen Blättern.)

(Kgl. Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften 1773.)

Abhandlungen einer Privat-Gesellschaft in Böhmen zur Aufnahme der Mathem. u. s. w., zum Druck befördert von Ign. v. Born. Prag 1775—84. 6 Vol. 8.
Abhandlungen der Böhm. Ges. d. Wissensch. nebst der Geschichte derselben. Prag u. Dresden 1785—88. 4 Vol. 4.
Neuere Abh. d. Kgl. Böhm. Ges. d. Wissensch. Prag 1791—99. 3 Vol. 4.
Mineralogische, physikalische etc. Beobachtungen auf Reisen, hsgeg. von der Kgl. Böhm. Ges. der Wissensch. Dresden 1791. 4.
Abhandl. der Kgl. Böhm. Ges. d. Wissensch. a. d. J. 1802—23. Prag. 12 Vol. 8.
Verhandl. d. Kgl. Böhm. Ges. der Wissensch. Neue Reihe 1827—? ? Vol.
* = Abhandl. der Kgl. Böhm. Ges. der Wissenschaften. 5te Reihe. Prag 1845—51. 6 Vol. 4.

(Hallische naturforschende Gesellschaft 1779.)

Abhandlungen d. Hallischen naturforschenden Gesellschaft. Dessau u. Leipz. 1787. 8.
Neue Schriften d. naturf. Ges. in Halle. Halle 1809—19. 3 Vol. 8.
* = Abh. d. naturf. Ges. zu Halle; hsgeg. von ihrem Vorstande. Halle 1850—54. 5 Jahrg. 4.

(Hallischer naturwissenschaftlicher Verein 1849.)

Auszug a. d. Sitzungsprotokollen des naturw. Vereins in Halle. 1stes Jahr. 1849. 8.
Jahresbericht des naturwissensch. Ver. zu Halle. Berlin 1849—51. 5 Vol. 8.
= Zeitschrift für die gesammten Naturwissensch.; hsgeg. v. d. naturwissensch. Verein in Halle, redig. von C. Giebel und W. Heintz. 1853. 54. 2 Jahrg. 8.

Physikalische Arbeiten der einträchtigen Freunde in Wien; hsgeg. von Ign. v. Born. Wien 1783—91. 7 Hfte. 4.

Sammlung physikalischer Aufsätze, besonders die Böhm. Naturgesch. betreffend, von einer Ges. Böhm. Naturf.; hsgeg. von J. Mayer. Dresden 1791—98. 5 Vol. 8.

Sammlung physikal.-ökon. Aufsätze zur Aufnahme der Naturkunde in Böhmen; hsgeg. von Fr. Willib. Schmidt. Prag 1795. 8.

Neue Schriften der K. K. patriotisch-ökon. Ges. in Böhmen. Prag 1828—44. 8 Vol. 8.

Abhandlungen einer Privatgesellschaft von Naturforschern und Oekonomen in Oberdeutschland; hsgeg. von Fr. v. Paula-Schrank. München 1792. 8.
Sammlung naturhistorischer u. physikalischer Aufsätze ....; hsgeg. von Fr. v. Paula-Schrank. Nürnberg 1796. 8.

(Hamburger naturw. Gesellsch. 1790.)

Mittheilungen aus den Verhandlungen der naturwissenschaftlichen Gesellsch. in Hamburg vom Jahre .... Hamburg ....

(Kgl. ostpreuss. Mohrungsche Gesellsch. 1791?)

Acta der Kgl. ostpreuss. Mohrungschen physikal.-ökon. Gesellsch. Königsb. 1792—1800. 3 Hfte. 8.
Schriften der ostpreuss. physik.-ökonom. Ges. Leipz. 1806. 8.
Vorträge aus dem Gebiete der Naturwissensch. in der physikal.-ökonom. Ges. zu Königsberg; hsgeg. von K. E. v. Baer. Königsb. 1834. 8.

Der Ges. naturforschender Freunde Westphalens neue Schriften. Düsseld., Berlin u Leipz. 1798—1805. 2 Vol. 4.

Schriften der naturforsch. Ges. zu Jena. Dresden 1802. 8.

Denkschriften der vaterländ. Ges. der Aerzte u. Naturforscher Schwabens. Tübingen 1805. 8.

Annalen der Wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde. Frankf. a. M. 1809—11. 2 Vol. 4. und Leipz. 1815. 4.; zus. 3 Vol. 4.
Neue Annal. d. Wett. Ges. Frankf. a. M. 1820. 4.

Abhandlungen der physikal.-medicin. Soc. in Erlangen, hsgeg. von J. Ch. F. Harles. Frankf. a. M. u. Nürnb. 1810 u. 12. 2 Vol. 4.

Allgemeiner physiokratischer Briefwechsel einer Gesellsch. teutscher Gelehrter; hsgeg. von J. K. F. Hauff. Erlangen 1810. 8.

Miscellanea Cracoviensia. Cracoviae 1814. 17. 2 Fasc. 4.
Nova Miscellanea ed. G. S. Bandtke. 1829. 1 Fasc. 4.

(Leipziger naturf. Gesellschaft 1818.)

Schriften der naturforschenden Ges. zu Leipzig. Leipz. 1823. 8.

(Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen 1820.)

Verhandlungen des Vereins zur Bef. des Gewerbefl. in Preussen. Berlin 1822—54. 33 Jahrg. 4.

(Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1822.)

Amtlicher Bericht über die ....te Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte, gehalten zu ...... (Die Berichte sind seit 1828 regelmässig publicirt.)
[Die Versammlungen fanden statt:]
1822 Leipzig 18. Sept. (s. Oken Isis Jahrg. 1823). 1823 Halle (K. Sprengel u. Schweigger). 1824 Würzburg (d'Outrepont u. Schönlein). 1825 Frankfurt a. M.

(Neuburg u. Cretschmar). 1826 Dresden (Seiler u. Carus). 1827 München (Döllinger u. Martius). 1828 Berlin (*Ber. red. von v. Humboldt u. Lichtenstein. 4.). 1829 Heidelberg (ed. *E. Tiedemann u. E. Gmelin. 4.). 1830 Hamburg (*J. H. Bartels u. J. C. G. Fricke, auch von Oken in der *Isis 1831, Hft. 8—10). 1831 fiel wegen der Cholera aus. 1832 Wien (*v. Jacquin u. Littrow. 4.). 1833 Breslau (*J. Wendt u. A. W. Otto. 4.). 1834 Stuttgart (C. v. Kielmayer u. G. Jäger. 4.). 1835 Bonn (Harless u. Nöggerath). 1836 Jena (*D. G. Kieser u. J. C. Zenker. 4.). 1837 Prag (Ges. Ksp. Sternberg u. J. V. Edl. v. Krombholz. 4.). 1838 Freiberg (G. F. Wucherer u. F. S. Leuckart. 4.). 1839 Pyrmont (Menke u. Krüger). 1840 Erlangen (J. M. Leupoldt u. L. Stromeyer. 4.) 1841 Braunschweig (Strombeck u. Mansfeldt). 1842 Mainz (Gröser u. Bruch. 4.). 1843 Gratz (*L. Langen u. A. Schrötter. 4.). 1844 Bremen (Smidt u. G. W. Focke. 4.). 1845 Nürnberg (Dietz u. Ohm). 1846 Kiel (*G. A. Michaelis u. H. F. Scherk. 4.). 1847 Aachen (J. P. J. Monheim u. M. H. Debey. 4.). 1848 fiel in Folge der politischen Ereignisse aus. 1849 Regensburg (Fürnrohr u. Herrich-Schäffer). 1850 Greifswald (Berndt u. Hornschuh). 1851 Gotha (Buddeus u. Bretschneider). 1852 Wiesbaden (R. Fresenius u. Braun. 4.). 1853 Tübingen (Mohl u. Bruns). 1854 Göttingen (Baum u. Listing).

---

* = Kunst- u. Gewerbeblatt; hsgeg. vom polytechn. Verein in Baiern. München 1823—54. 32 Vol. 4.

---

* = Studien des Götting. Vereins bergmännischer Freunde; hsgeg. von J. F. L. Hausmann. Götting. 1824—54. 6 Vol. 8.

Naturwissensch. Abh.; hsgeg. von einer Ges. in Würtemberg. Tüb. 1826. 28. 2 Vol. 8.
Würtemb. naturwissensch. Jahreshefte. Stuttg. 1845—54. 10 Vol. 8.

Abhandlungen der naturforschenden Gesellsch. in Görlitz. Görl. 1827—51. 6 Vol. 8.

Mittheilungen des Gewerbevereins für das Königr. Hannover; red. von Karmarsch und v. Reden. Hann. 1835—43. 5 Vol. 4.
Gewerbeblatt für das Königr. Hannover; hsgeg. unter Leitung der Direktion des Gewerbevereins. Hann. 1842—44. 3 Vol. 4.
* = Notizblatt des Gewerbe-Vereins für das Königreich Hannover. Hann. 1845—54. 10 Vol. 4.

Verhandl. des Gewerbevereins für das Grossherzogthum Hessen. Darmst. 1837—44. 8 Vol. 4.

Encyklopädische Zeitschr. des Gewerbewesens; hsgeg. vom Verein zur Ermunterung des Gewerbegeistes in Böhmen; red. von Hessler u. Balling. 1841—48. 8 Vol. 8.

---

* Königsberger naturwissenschaftl. Unterhaltungen. Königsb. 1844—52. 2 Vol. 8.
* = Desgl. Neue Folge. 1854. 1 Hft. 8.

---

* = Verhandl. des naturhistor. Vereins der preussischen Rheinlande und Westphalens. Bonn 1844—54. 11 Vol. 8.

---

* Berichte üb. die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien; ges. u. hsgeg. von W. Haidinger. Wien 1846—51. 7 Vol. 8.

---

* = Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg; hsgeg. von E. Boll. Neubrandenb. 1847—54. 7 Jahrg. 8.

(K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien 1848.)

* = Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien. Mathemat.-naturw. Klasse. Wien 1851. 52. 3 Vol. Fol. u. Atl. med.
* = Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissensch. zu Wien. Wien 1848—54. 13 Vol. 8.

---

* Verhandl. der physikalisch-medicin. Gesellsch. in Würzburg; red. von A. Kölliker, F. Scanzoni, H. Müller, J. Scherer. Würzb. 1850—54. 5 Vol. 8.

---

§. 10. 5.

b. Schweiz.

Acta Helvetica physico-math.-botan.-med. Basil. 1751—77. 8 Vol. 4.
Nova acta Helvet. cet. Bas. 1787. 4.

---

* Bericht üb. die Verhandl. der naturf. Ges. in Basel 1835—53. 10 Hfte. 8.
* = Verhandlungen der naturforsch. Ges. in Basel. Basel 1854. Hft. 1. 8.

Abhandlungen der naturforschenden Ges. in Zürich. 1761—66. 3 Vol. 8.
* Abhandl. der Zürcher naturf. Gesellschaft. Zür. 1847—?

Annalen der allgem. schweizerischen Ges. für die Naturwissenschaften; hsgeg. von MEISNER (1765—1825). Bern 1824. 2 Vol. 8.
Denkschriften der allgem. schweizerischen Ges. f. d. ges. Naturwissensch. Zürich 1829—33. 4.
* Neue Denkschriften der allgem. schweiz. Ges. f. die ges. Naturwissensch. Neufchatel 1838—49. 10 Vol. 4. (Auch französ. Titel.)

Neue Sammlung physik. ökonom. Schriften von der ökonom. Ges. in Bern. Zür. 1779—85. 3 Vol. 8.
* = Mittheilungen der naturforschenden Ges. in Bern. — Nr. 309. 1853. 8.

(Genfer naturf. Gesellsch. 1790.)

* = *Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève.* Genève 1822—48. 11 Vol. 4.

---

* *Histoire et Mémoires de la société des sciences physiques de Lausanne.* 1784—90. 3 Vol. 4.

Bulletins de la société Vaudoise des sciences naturelles. ....?

---

* *Mémoires de la société des sciences naturelles de Neufchatel.* Neufch. 1836. 40. 2 Vol. 4.

---

§. 11. 5.

c. Grossbritannien (und Colonien in Asien).

(Royal Society at London 1665. aus einer 1645 in Oxford gest. Ges. entstanden.)

* P. = *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* London 1665—1791. 81 Vol. 4. 1792—1854. 64 Vol. 4.
Abdruck: Philos. Transact. etc. Vol. 47—57. Vitebergae 1768 ff. 11 Vol. 4.
MATY's *General index to the philosophical transactions to the end of the* 70th *Vol.* London 1787. 4.
Miscellanea curiosa, being a collection of some of the principal phaenom. in nature. London 1701—8. 3 Vol. 8.
DERHAM *Misc. curiosa being the most valuable discourses read and delivered to the Royal Society.* London 1723. 3 Vol. 8.
HOOKE's *Philosophical collections.* London 1679—82. Nr. 1—7. 4.
Memoirs of the R. Soc. being a new abridgment .... fr. 1665 *to* 1735 *by* BADDAM. London 1738—41. 10 Vol. 8.
Philosophical transactions from 1665 *to* 1750, *abridged by* LOWTHORP, JONES, EAMES *and* MARTIN. London. 11 Vol. 4.
* *Abrégé des transactions philosophiques, red. par* M. GIBELIN. Paris 1787—91. 13 Vol. 8.
* *Philosophical transactions abridged by* HUTTON, SHAW *and* PEARSON. London 1803. 4.
A review of the works of the R. S. of London by JOHN HILL. London 1757. 4.; id. new ed. 1787. 4.
Abstracts of the papers printed in the Phil. Transact. fr. 1800—37. London 1838. 3 Vol. 8.
* Auserlesene Abh. zur Naturgeschichte, Physik u. Oekon. aus den Londoner Transactions von 1695—1757; hsgeg. von NTH. GF. LESKE. Leipz. 1779. 80. 4.
SPRAT's *history of the Royal Society.* London 1687. 4.
BIRCH's *history of the R. S. as a supplement to the philosophical transactions to* 1687. London 1756. 57. 4 Vol. 4.
History of the R. S. from its institution to the end of the eighteenth century by TH. THOMSON. London 1812. 4.
* = *Proceedings of the royal society of London.* Lond. 1836—54. 9 Vol. 8.

(Philosoph. Soc. at Edinburgh 1731, woraus 1772 eine neue Gesellschaft und 1783 [85?] die Royal Society of Edinburgh entstand.)

Essays and observations, physical and literary, read before a Society at Edinburgh. Edinb. 1754—79. 12 Vol. 8.
* = *Transactions of the royal society of Edinburgh.* Edinb. 1788—1851. 20 Vol. 4.

Philos. und histor. Abh. d. kgl. Ges. der Wissensch. zu Edinburg; a. d. Engl. mit Anm. von J. GLI. BUHLE. Gött. 1789. 8.
* = *Proceedings of the R. S. of Edinb.* Edinb. 1849. 50. 52. 3 Vol. 8.

Memoirs of the literary and philosophical society of Manchester. Warrington, Manch. and Lond. 1785—1819. 8 Vol. 8.
* Physikalische und philosophische Abhandlungen d. Ges. d. Wiss. zu Manchester; a. d. Engl. von E. BJ. GLI. HEBENSTREIT. Leipz. 1788. 2 Vol. 8.
* Auserlesene Abh. aus den Schriften d. lit. philos. Ges. zu Manchester; a. d. Engl. m. Zus. von A. W. SCHWENGER. Leipz. 1794. 8.
= *Memoirs of the liter. and philos. soc. of Manchester.* New series (seit 1852?)

(Royal Irish Academy at Dublin 1786; entstanden aus einer 1683—88 bestehenden Ges., welche zweimal, 1740—74 und 1782, regenerirt wurde.)

* = *The Transactions of the Royal-Irish Academy.* Dublin and London 1787—1850. 22 Vol. 4.
= *Proceedings of the Royal Irish Ac. of Dublin.* Dublin 1847—51. 5 Vol. 8.

(Cambridge philosophical society 1819.)

* *Transactions of the Cambridge philosophical society.* Cambr. 1821—51. 11 Vol. 4.

Minutes of the society for philosophical experiments publ. by BR. HIGGINS. London 1795. 8.

(Soc. of the encouragement of arts, manufactures a. s. o.; seit 1751 Preise vertheilend.)

* = *Transactions of the Soc. for the encouragement of arts. cet.* London 1783—1854. 73 Vol. 8.
Auszüge aus den Transactionen d. Soc. zu London zur Aufmunterung der Künste etc. von J. G. GEISSLER. Dresden 1795—98. 3 Vol. 8.

(British Assoc. for the advancement of science 1831.)

* = *Report of the ...th meeting of the British assoc. for the adv. of sc.*
[Die Versammlungen fanden statt:]
1831 York. 1832 Oxford. 1833 Cambridge. 1834 Edinburgh. 1835 Dublin. 1836 Bristol (übers. Berlin 1837. 4.). 1837 Liverpool. 1838 Newcastle. 1839 Birmingham. 1840 Glasgow. 1841 Plymouth. 1842 London. 1843 ....? 1844 ....? 1845 ....? 1846 Oxford. 1847 Southampton. 1848 Swansea. 1849 Birmingham. 1850 Edinburgh. 1851 Ipswich. 1852 Belfast. 1853 Hull. 1854 Liverpool.
Im Ganzen 24 Vol. 8. London.

Proceedings of the London electrical society. London 1841—43; ed. by WALKER. 2 Vol. 8.

Proceedings of the Glasgow philosophical society for 1842—50. Glasgow. 8.

The Asiatic Miscellany, consisting of original productions cet. Calcutta 1785—88. 3 Vol. 4.
New Asiatic Misc. 1789. 4.
Asiatic researches of the soc. of Bengal. Calcutta 1788—1837. 20 Vol. 4.
Anderer Abdruck: London 1799—1817. 12 Vol. 4.
Andere Ausgabe: London 1801—18. 12 Vol. 8.
Dass. a. d. Engl. übers. von J. C. FICK (1763—1821) und J. FR. KLEUKER (1749—1827). Riga 1795—97. 4 Vol. 8.
Dass. französisch: trad. par A. LABEAUME. Paris 1805. 2 Vol. 4.
Journal of the Asiatic society of Bengal. Calcutta ....—1838. 76 Nrn.

(Liter. soc. of Madras 1820.)

Transactions of the lit. soc. of Madras. London 1825.

(Liter. soc. of Bombay 1804.)

Transactions of the liter. soc. of Bombay. Bombay 1819—23. 3 Vol. 4.

---

§. 12. 5.

d. Vereinigte Staaten von Nord-Amerika.

(American Philosophical Society of Philadelphia 1769, aus der Vereinigung der von Franklin 1728 gest. Ges. „Junto" und der 1744 erricht. Americ. phil. soc. erstanden.)

* *Transactions of the American philosphical Society held at Philadelphia, for promoting useful knowledge.* Philad. 1771—1804. 6 Vol. 4.
* = Id. New series. 1818—52. 10 Vol. 4.
= *Proceedings of the Americ. phil. soc.* Philad. 1840—51. 5 Vol. 8.

(American Academy at Boston 1780.)

* *Memoirs of the American academy of arts and sciences.* Boston 1785—1818. 4 Vol. 8.
= Id. Second (?) series. Cambridge and Boston ....—1853. 5 Vol. 8.

(Liter. and philos. Soc. at New-York 1810 [?].)

Transactions of the literary and philosophical society of New-York. 1814. ... 4.
Proceedings of the American philosophical society at New-York. ....—1846. 6 Vol. 8.

The Franklin journal and American mechanics magazine. Philadelphia 1826. 27. 4 Vol. 8.
Journal of the Franklin *Institut of the state Pennsylvania; cond. by* Thomas. Philad. 1828—40. 26 Vol. 8.
* = Id. Third series. 1841—54. 28 Vol. 8.

(American association for the advancement of sciences 1847.)

= *Proceedings of the ...th meeting of the Amer. ass. for the Promotion of science held at ...* 1847 ....? 1848 Philadelphia. 1849 Cambridge. 1850 New-Haven (Washington. 8.). 1851 Albany (Alb. and Washingt. 1852. 8.). 1852 ....? 1853 ....? 1854 Washington.

---

* = *Smithsonian contributions to knowledge.* Washington 1850—52. 4 Vol. 4.

---

§. 13. 5.

e. Frankreich.

(Académie à Paris 1666.)

* *Histoire et mémoires de l'académie Royale des sciences.* Paris 1666—1790. 103 Vol. 4. Wiederabdruck 1692—1754. Amsterdam. 12.
* Der Kgl. Akad. d. Wissensch. in Paris physische Abhandl. von W. B. A. v. Steinwehr (1704—71). Breslau 1748—56. 12 Vol. 8.
Recueil des pièces qui ont remporté le prix. Paris 1721—71. 11 Vol. 4.
* *Mémoires de mathématique et de physique présentés à l'Académie.* 1750—86. 11 Vol. 4.
* Auserlesene Abhandl., welche an die Kgl. Akad. der Wissensch. eingesendet worden; ins Deutsche übers. von F. W. Beer. Leipz. 1752—54. 2 Vol. 8.
Machines et inventions approuvées par l'Académie. 1735—77. 7 Vol. 4.
J. B. Duhamel (1624—1706) Historia academiae regiae scientiarum. Paris 1698. 4.; id. ed. II. 1701. 4.
Rozier *Table des articles ..... depuis* 1666 *jusqu'en* 1770. Paris 1775. 76. 4 Vol. 4.
* P. *Mémoires de l'Institut national des sciences et arts. Sciences mathém. et physiques pour* 1796—1815. Paris 1798—1818. 14 Vol. 4.
Mémoires présentés à l'Institut. Paris 1805—11. 2 Vol. 4.
* *Base du système métrique.* Paris 1806. 3 Vol. 4.
Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques, édit par Biot *et* Arago. Paris 1821. 4.
Rapport historique sur les progrès des sciences naturelles depuis 1789, *red. par* Cuvier; *des sciences mathématiques, red. par* Delambre (1749—1822). Paris 1810. 2 Vol. 4.
Recueil des éloges par Cuvier ....
* = *Mémoires de l'Académie des sciences à Paris; années* 1816—50. Paris 1848—52. 22 Vol. 4.
* P. = *Mémoires des savants étr. prés. à l'Académie des sc. Sciences math. et phys.* Paris 1827—52. 13 Vol. 4.
* P. = *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences; publ. par MM. les sécrétaires perp.* Paris 1835—54. 39 Vol. 4.

(Société roy. des sc. à Montpellier 1740 [?].)

Assemblée publique de l'Académie de Montpellier. 1751.
Histoire de la soc. roy. des sc. établie à Montpellier; avec les mémoires de mathém. et de physique. Lyon 1766. 78. 2 Vol. 4.; id. nouv. éd. 1771. 1782.
= *Mémoires de l'Ac. des sciences ... de Montpellier; ..... année* 1850. Montpellier. 4.

(Académie de Stanislas à Nancy; 1802 aus einer Privatges. entst.)

Mémoires de la soc. de Nancy 1754. 8.
* = *Mémoires de la soc. roy. des sc., lettres et arts de Nancy* 1833—53. ... Vol. 8.

Mémoires de mathém. et de physique. Avignon 1755. 4.

Mémoires de l'Ac. de Dijon. Dijon et Paris 1769. 72. 2 Vol. 4.
Nouveaux mémoires de l'Ac. de Dijon pour la partie des sciences et arts 1783—85. 8 Vol. 8.
= *Mémoires de l'Acad. des sciences de Dijon.* 1831—50. ... Vol. 8.

= *Mémoires de la soc. roy. des sciences de Lille; années* 1832—50. Lille. 8.

---

* *Mémoires de la soc. d'hist. natur. de Strasbourg.* 1830—47. 7 Vol. 4.

Mémoires de physique et de chimie de la soc. d'Arcueil. Paris 1807—17. 3 Vol. 8.

Bulletin de la société philomatique de Paris. Paris 1792. 1805. 9. 4 Vol. 4.
Nouveau bulletin de la soc. philom. à Paris. 1807—27. 4.
Rapports généraux des travaux de la société philom. de Paris. Paris 1795—1800. 4 Vol. 8.

---

* = *Recueil de la société polytechnique, réd. par* Moléon. Paris 1re sér. ..... 2me sér. 1827—37. 16 Vol. 3me sér. 1838—42. 20 Vol. 4me sér. 1843. 44. 8 Vol. 5me sér. 1845—54. 33 Vol. 8.

= *Bulletin de la soc. d'encouragement pour l'industrie nationale.* Paris 1802—54. 53 Vol. 4.
Table des matières par Chabeaussière. Paris 1820. 4.
Table générale analytique d. mat. par Dechin. Paris 1828. 4.

Journal de l'école polytechnique. Paris 1796—1815. 10 Vol. 4.
Journal polytechnique .... Paris 1820—48. 30 Hfte. 4.
Correspondance sur l'école roy. polytechnique; réd. par Hachette. Paris 1814—16. 3 Vol. 8.

= *Annuaire du bureau des longitudes.* Paris 1833—54. 22 Vol. 16.

Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. 1854. Vol. I. 8.

(Congrès scientifique de France 1833.)

Congrès scientifique de France ...*me session tenue à* .... 1833 *Caën* (8.) ...... 1850. Nancy (2 Vol. 8.) [jährliche Publikation der Verhandlungen?].
Annuaire de l'Institut des provinces et des congrès scientifiques. Caën 1851. 8.
Mémoires de l'Ac. des sciences, arts et belles lettres de Caën. 1825. 1837. 1850. Caën 1826—51. 8.

(Ausserdem bestehen viele Gesellschaften in den Provinzen, deren Schriften zuweilen physikal. Abh. enthalten. S. *Bulletins bibliographiques des sociétés savantes des départements, contenant l'indication de leurs travaux et celle des publications individuelles, qui paraissent en province.* Paris 1851. 8.)

§. 14. 5.

f. Belgien.

(Académie des sciences et belles lettres de Bruxelles 1772.)

Mémoires de l'Ac. des sc. et belles lettres de Bruxelles. 1777—92. 5 Vol. 4.
Mémoires sur les questions proposées en 1769 *jusqu'en* 1788. Bruxelles ....—1789. 9 Vol. 4.
Actes de la soc. de Bruxelles. 1801. 4.
Nouveaux mémoires. Brux. 1820—30. 6 Vol. 4.
Nouv. mém. sur les questions prop. en 1817—28. Brux. 1828. 29. 7 Vol. 4.
* = *Mém. prés. à l'Académie royale de Bruxelles* 1830—50. 25 Vol. 4.
* = *Mém. couronnés et mém. de savants étrangérs publ. par l'Ac. roy. Belg.* Brux. 1830—50. 23 Vol. 4.
* = *Bulletin de l'Académie Roy. des sciences et belles lettres de Bruxelles.* Brux. 1830—54. 21 Vol. 8.
Beiträge zur bürgerl. Gesch., z. Gesch. d. Cultur, z. Naturgesch., Naturlehre u. d. Feld bau; a. d. Schr. d. Kgl. Ak. d. Wiss. zu Brüssel ausgew. von J. Cp. Adelung. Leipz. 1783. 8.

Bulletin du musée de l'industrie de Bruxelles ....

Correspondance mathématique et physique. T 1. 2. Gand; T. 3—6. Bruxelles. 1825—30. 6 Vol. 4.

---

* = *Mémoires de la soc. roy. des sciences de Liège.* 1846—51. 7 Vol. 8.

§. 15. 5.

g. Holland.

(Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen 1752.)

* Verhandelingen uitgegeeven door de hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem. Haag, Haarl. en Amst. 1754—93. 30 Vol. 8.
Der Holländ. Ges. der Wissenschaften zu Haarlem Abhandl.; a. d. Holl. von Abr. Ghf. Kästner. Altenb. 1758. 8.
* Natuurkundige Verhandelingen van de Bataafsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem. Haarl. en Amst. 1799—1836. 22 Vol. 8.
Naturhistor. Abh. d. Bat. Ges. d. Wissensch. zu Haarlem; a. d. Holl. von D. v. Halem. Leipz. 1802. 8.
Natuurk. Verh. ..... tweede verzameling. Haarl. 1842 ff. ... Vol. 4.

(Zeeuwsch Genootschap 1765; Privilegium 1769.)

Verhandelingen uitgegeven door het Zeeuwsch Genootschap der Weetenschappen to Vliessingen. Middelb. en Leyden 1769—92. 15 Vol. 8.
Abh. d. Seeländ. Ges. zu Vliessingen ins Deutsche übers. Marb. 1775. 8.
Nieuwe Verhandelingen .... ibid. 1793 ff. 4 Vol. 8.

(Bataafsch Genootschap te Rotterdam 1769; Privilegium 1770.)

* Verhandelingen van het bataafsch Genootschap de proefondervindelse Wisbegeerde. Rotterd. 1774—1800. 12 Vol. 4.
* = Nieuwe Verhandelingen .... Rotterd. 1800—50. 10 Vol. 4.

(Kong. Nederl. Inst. van Wetensch. te Amsterdam 1803.)

Verhandelingen van de eerste Klasse van het Koninglyke Nederlandsche Instituut van Weetenschappen Letterkunde en schoone Kunsten te Amsterdam. Amst. 1809—27. 7 Vol. 4.
* Nieuwe Verhand. v. h. kon. Inst. d. weetenschappen ... Amst. 1827—48. 13 Vol. 4.
Tijdschrift vor de wis- en natuurkundige Wetenschappen uitg. door de Nederlandsche Instituut. Amst. 1848—52. 5 Vol. 8.

(Bataviaasch Genootschap 1778.)

Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap der Konsten en Vetenschappen. Batavia 1779—1830. 12 Vol. 8.
(Seit Bd. 7 auch *Transact. of the Batavian Soc. of arts and sciences*, oder *of the philos. and liter. soc. of Java.*)
Abdruck: Rotterd. u. Amst. 1781—86. 4 Vol. 8.
Deutsch: Abh. d. Ges. d. Künste u. Wissenschaften in Batavia. Leipz. 1782. 8.

Verhandelingen v. het provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen. Utrecht 1784—1801. 9 Vol. 8.
Nieuwe Verhand. .... Utrecht 1803 ff. ... Vol. 8.

Akademische Verhandelingen van de Groninger Hoogeschool met goud bekroond van de jaaren 1815—32. Gron. 4.

---

§. 16. 5.

h. Dänemark.

(Kong. Danske Videnskabernes Selskab. 1742; Kgl. Bestät. 1743; neue Organis. 1774.)

Scripta Societatis Hafniensis. Hafn. 1745—47. 3 Vol. 4.
Skrifter som udi det Kiöbenhavnske Selskab ere Fremdlage. Kiöb. 1745—79. 12 Vol. 4.
Acta literaria universitatis Hafniensis. Copenh. 1778. 4.
* Nye Samling af det Kongel. Danske Vidensk. selsk. skrifter. Kiöb. 1781—99. 5 Vol. 4.
* Abhandl., die von der Dän. Ges. der Wissensch. den Preis erhalten haben. Copenh. 1781. 4.

Physik., chem., naturhist. u. mathem. Abh. a. d. neuen Samml. der Schr. d. Kön. Dän. Ges. d. Wiss.; a. d. Dän. von P. SCHEEL (1773—1811) und K. FD. DEGEN. Kopenh. 1798—1803. 2 Vol. 8.

* Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter for Aarene 1800—12. Kiöb. 1801—18. 6 Vol. 4.

Schriften der phys. Classe der Kgl. Dän. Ges. d. Wiss. von K. GLO. RAFN. Kopenh. 1801—5. 3 Vol. 8.

Acta reg. soc. Hafniensis. Hafn. (Jahre?) 4 Vol. 8.

Nova acta regiae soc. Hafn. Hafn. 1819. 8.

* = Det Kongelige Danske Vidensk. Selsk. naturvidenskabelige og mathematiske Afhandlinger. Kiöb. 1824—46. 12 Vol. 4.

Bekjendtgiörelse fra det Kong. Vidensk. Selsk. i Kjöb. fra 1794—1813. 14 Hfte. 4.

* Oversigt over det Videnskabern. Selsk. Forhandlinger. Af H. C. ÖRSTED. Kjöb. 1816—50. 11 Vol. 8.

(Naturhistorie Selskabet 1789.)

Skrifter af Naturhistorie-Selskabet. Kjöb. 1790—1810. 6 Vol. 8.

Schriften der naturforsch. Ges. in Kopenhagen. Kopenh. 1793. 8.

§. 17. 5.

i. Schweden und Norwegen.

(Soc. Reg. Upsaliensis 1725.)

Acta literaria et scienciarum Sueciae. Upsal. 1720—39. 4 Vol. 4.

Acta soc. Reg. Upsaliensis. Ups. 1740—50. 5 Vol. 4.

* = Nova acta soc. reg. Upsal. Ups. 1773—1850. 19 Vol. 4.

(Kong. Svenska Vetenskabs Akademie in Stockholm 1739.)

Kongl. Svenska vetenskaps academiens handlingar. Stockh. 1740—79. 41 Vol. 8.

Kongl. Sv. vet. ac. nya handlingar. 1780—1813. 35 Vol. 8.

* Abh. d. Kön. Schwed. Ak. d. Wissenschaften; a. d. Schwed. von A. G. KÄSTNER. Leipz. 1749—84. 44 Vol. 8.

* Neue Abh. d. Kön. Schwed. Ak. d. Wiss.; a. d. Schwed. von A. G. KÄSTNER und (vom 5. Bde.) J. D. BRANDIS und (vom 10. Bde.) von H. F. LINK. Leipz. 1784—92. 12 Vol. 8.

Det Kong. Svenske Videnskabens Acad. Afhandlingar for Aar 1739—46 af Svensk paa Dansk oversatte. Kjöb. 1757—65. 8 Vol. 8.

Die vorzüglichsten Vorles., welche in d. Schwed. Ak. d. Wiss. zu Stockholm gehalten worden; a. d. Schwed. von C. G. GRÖNING. Leipz. 1794. 95. 2 Vol. 8.

= Kongel. Sv. Vet. Ac. Handlingar för år 1813—50. Stockh. 1814—51. 8.

* = Öfversigt af vetenskaps Academiens förhandlingar. Stockh. 1843—54. 12 Vol. 8.

(Kong. Norske Vidensk. Selsk. in Trondhiem 1760; Kgl. seit 1767; neue Organis. 1805 und 1811.)

Trondhiemske selskabs skrifter. Kiöb. 1761—74. 5 Vol. 8.

Diese deutsch. Copenh. 1765—70. 4 Vol. 8.

Det Kongel. Norske Videnskabers selskabs skrifter. Kiöb. 1768—74. 5 Vol. 8.

Nya Samling af det Kong. Norske Vid. selsk. skrifter. Kiöb. 1784—88. 2 Vol. 4.

Nyeste Samling .... Kiöb. 1798. 8.

Det Kong. norske Vidensk. selsk. skrifter i det 19 Aarhundrede. Kiöb. 1813. 17. 2 Hfte. 4.

(Physiographiska Sällskap in Lund 1772.)

Physiogr. Sällskapets Handlingar. Stock. 1776. 1 Vol. 8. Lund 1786. 1 Vol. 4.

Physiogr. Sällskapets Tidsskrift. Lund 1837—.... ... Vol. 8.

---

* = Nyt magazin for naturvidenskaberne udgives af den physiographiske Forening in Christiania. ....—1854. 8 Vol. 8.

= Forhandlinger ved de Skandinaviske Naturforskeres ....

(Die Naturf. Vers. finden seit 1839 statt. Publikationen jeder Vers.?) 1839 Göthaborg. 8. 1840 Kjöbenhavn. 8. 1842 Stockholm. 8. 1844 Christiania. 8. .....

---

§. 18. 5.

k. **Russland.**

(Academia Sc. imp. Petropolitana 1725.)

Commentarii academiae scientiarum imperialis Petropolitanae 1726—46. Pet. u. Leipz. 1728—52. 14 Vol. 4.
Novi commentarii acad. Petropolit. 1747—76. 20 Vol. 4.
Acta academiae Sc. imp. Petrop. 1777—82. 12 Vol. 4.
Nova acta acad. Petrop. 1783—1802. 15 Vol. 4.; praecedit historia acad. ad annum 1783.
Physik. u. med. Abhandl. d. Kais. Akad. d. Wissensch. in St. Petersburg; a. d. Lat. von J. L. Lr. Mühler. Riga 1782—85. 3 Vol. 8.
Mémoires de l'Acad. Imp. des sc. de St. Pétersbourg des années 1803—22. Pétersb. 11 Vol. 4.
* = *Mémoires de l'Ac. Imp. des Sc. de St. Pét. nouv.* (VI^{me}) *série.* 1830—54. *Sect. 2. Sc. math., phys. et natur.* 1830—53. VII Vol. 4. (Bei Band III., 1838, in zwei Theile getheilt, dann:) *Première partie, sciences mathématiques et physiques.* Pet. 1838—53. V Vol. 4.
Bulletin scientifique publ. par l'Ac. de St. Pét. 1837—42. 10 Vol. 4.
* = Id. *Nouv. sér. Bull. de la classe physico-mathématique de l'Ac. imp. des sc. de St. Pét.* 1843—54. 12 Vol. 4.
* = *Mémoires prés. à l'Ac. Imp. d. sc. de St. Pét. par divers savants.* Pet. 1831—54. 7 Vol. 4.
Recueil des actes de la séance publ. de l'Ac. imp. de St. Pét. 1827—48. 20 Vol. 4.
Mélanges physiques et chimiques tirés du bulletin physico-mathém. Pet. 1852 ff. Vol. I ff. 8.

= *Mémoires de la soc. d. nat. de l'univ. impériale de Moscou.* 1806—37. 12 Vol. 4.
Bulletin de la soc. imp. d. nat. de Moscou. 1829—54. 27 Vol. 8.

Commentationes societatis physico-medicae apud universitatem Caesaream Mosquensem. Mosquae 1811—25. 3 Vol. 4.

Jahresverhandlungen der Kurländ. Ges. für Lit. u. Kunst. Mitau 1819. 22. 2 Vol. 4.

Correspondenzblatt des naturforsch. Vereins zu Riga, red. von Buhse u. Gottfried. Riga 1845—51. 4 Bde. 8.

Gelehrte Mittheilungen der Kais. Univ. zu Kasan (in russischer Sprache) ......

---

§. 19. 5.

l. **Italien.**

(Academia del Cimento 1657.)

* P. *Saggi di naturali esperienze fatte nell' academia del Cimento.* Firenze 1667. Fol.; id. Fir. 1691; id. Venez. 1761; id. mit Zusätzen in: G. T. Tozzetti *aggrandimenti delle scienze fisiche accaduti in Toscana.* 1780. 2 Vol. 4.
* Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento in lat. conv. ed. Pet. van Musschenbroek. Lugd. Bat. 1731. 4.; id. Vienn. 1756. 4.
Experiments of the academy del Cimentò; transl. by Waller. London. 4.

Atti dell' Accademia Italiana. Firenze e Livorno 1810 ff. 3 Vol. 4.

(Academia di Siena 1691.)

Atti dell Accademia delle scienze di Siena, detta de' fisico-critici. Siena 1760—1841. 10 Vol. 4.

(Academia di Bologna 1712.)

* Commentarii de Bononiensi scientiarum et artium instituto atque academia. Bonon. 1731—91. 7 T. in 10 Vol. 4.
Storia dell accademia Clementina di Bologna .... per Lelio dalle Volpe. 2 Vol. 4.
Memorie dell' Istituto nazionale Italiano. Classe di Fisica e mathem. Bologna 1806—10. 4 Vol. 4.

* Novi commentarii acad. scient. instituti Bononiensis. Bonon. 1836—43. 6 Vol. 4.
= *Memorie della academia delle scienze dell istituto di Bologna.* Tom. 1—5. Bol. 1851—55.
Collezione di opuscoli scientif. di Bologna .....?
Nuove collez. ....?
* Abhandl. zur Naturg., Chemie, Anat. u. Physik; a. d. Schr. d. Inst. zu Bologna; hsgeg v. Nth. Gf. Leske (1757—86). Halle 1781. 82. 2 Vol. 8.
Rendiconto dell Accad. delle scienze del istituto di Bologna. Bol. 18..? 4.

Saggi di dissertazioni accademiche publicamente lette nell' accademia etrusca di Cortona. Roma e Firenze 1755—91. 9 T. in 10 Vol. 4.

(Accademia di Torino 1760, aus einer 1757 gegr. Privatges.)

Miscellanea philosophico-mathematica soc. priv. Tauriniensis. Taur. 1759. 4.
* *Mélanges de philosophie et de mathématique de la Soc. roy. de Turin* 1761—76. 5 Vol. 4.
* *Mémoires de l'Académie des sc. de Turin.* Tur. 1786—1801. 6 Vol. 4.
* Zweite Reihe: *Mémoires de l'Ac. des sc. lit. et beaux-arts de Turin.* Sect. 1. *Sciences phys. et mathém.* Tur. 1804—13. 10 Vol. 4.
Dritte (1ste italienische) Reihe: *Memorie della reale Acc. delle scienze di Torino.* 1816—38. 19 Vol. 4.
= *Memorie della reale Academia delle scienze di Torino.* Serie II. (ital.) Torino 1839—51. 11 Vol. 4.
Rendiconto della accademia reale di Torino ....?

(Società Italiana 1779 von Lorgna zu Verona gestiftet, 1797 nach Modena, 1808 als real Acc. nach Padua, später eine selbstständ. Erneuer. in Modena?)

Memorie di matematica e fisica della società Italiana. Verona e Modena 1782—1820. 26 Vol. 4.
= *Memorie di matem. e di fisica della società Italiana delle scienze residente in Modena.* Mod. 1821—50. 24 Vol. 4.

(Accad. di Padova, schon 1540 gest., aber erst 1779 als Acc. di Scienze autorisirt.)

Saggi scientifici e letterarii dell' accademia di Padova. 1786—94. 4 Vol. 4.
Nuovi saggi della Cesareo-Regia Academia di scienze lettere ed arti di Padova. 1817. 25. 2 Vol. 4.

(Accademia di Mantua 1767, aus der 1747 gest. la colonia Virgiliana entst.)

Memorie della real accademia di scienze .... di Mantua. Mant. 1795. 4.

Atti della società patriotica di Milano diretta all' avanzamento dell' agricoltura, delle arti e delle manifatture. Milano 1783—93. 3 Vol. 4.

Giornale della società d'incorraggiamento delle scienze e delle arti, stabilita in Milano. Mil. 1808. 4 Vol. 8.

Memorie dell' Istituto di Milano. ....—1815. 13 Vol. (?)
Memorie dell Imp. R. Istituto del Regno-Lombardo-Veneto. Mil. 1819—38. 5 Vol. 4.
Annali delle scienze del Regno Veneto-Lombardo .....?
* *Giornale dell J. R. istituto Lombardo di scienze lettere ed arti, e biblioteca Italiana.* Mil. 1843—47. 15 Vol. 8.

(Ateneo di Treviso 1810.)

Memorie scientifiche dell' Ateneo di Treviso. Trev. e Ven. 1817—24. 3 Vol. Fol.

(Accademia di Napoli 1787.)

Atti della Reale accademia delle scienze di Napoli. Nap. 1788. .... 4.
Mémoires de l'Acad. des sciences de Naples. 1825. ......?
* *Rendiconto delle adunanze e de' lavori dell' academia delle scienze di Napoli.* Napol. ....—1851. 60 Nrn. 4.

Atti del reale Istituto d'incorraggiamento alle scienze naturali di Napoli. .... 1841. 6 Vol. 4.

---

* *Atti del academia Gioenia delle scienze naturali di Catania.* 1820—35. 9 Vol. 4.

Giornale di scienze lett. ed arti per la Sicilia. Palermo 1824.

---

* *Annali delle università Toscane.* Firenze 1848. 4.

Atti della ....ª riunione degli scienziati Italiani tenuta in .....
(Verhandlungen jährlich publicirt? Die erste Vers. fand 1839 statt.) 1840 Torino. 4. 1841 Firenze. 4. ....?

§. 20. 5.

m. Spanien und Portugal.

Memorias da Academia Real das Sciencias de Lisboa; a. d. Jahren 1780—1830. Lisb. 1797—1830. 10 Vol. Fol.
Memorias de Mathematica e Physica da Acad. Real das Sc. de Lisboa. 1799—1812. 2 Vol. Fol.
Historia e Memorias da Academia Real d. sc. de Lisboa. 1815—27. 7 Vol. Fol.

Miscellanea instructiva, curiosa y agradable. Alcala 1796. 3 Vol. 4. Madrid 1797. 98. 6 Vol. 4.; zus. 9 Vol. 4.

---

* *Memorias de la Real Academia de Ciencias. Primera serie. Ciencias exactas. Tom. I. Parte I.* Madrid 1853. 4.

---

§. 21. 6. Zeitschriften (nach Ländern geordnet, in derselben Folge wie die Schriften gelehrter Gesellschaften).

a. Deutschland.

Acta eruditorum Lipsiensia. Lips. 1682—1731. 50 Vol. 4.
Actorum erudit. supplem. 1692—1734. 10 Vol. 4.
Nova acta eruditorum. Lips. 1732—76. 43 Vol. 4.
Ad nova acta erud. supplem. 1735—57. 8 Vol. 4.
Indices ad acta erud. 1692—1745. 6 Vol. 4.

---

* Hamburgisches Magazin, oder gesammelte Schriften zum Unterricht und Vergnügen aus der Naturforschung und den angenehmen Wissenschaften überhaupt. Hamb. 1745—62. 26 Vol. 8.
* Dreifaches Universalregister und Repertorium z. Hamb. Mag. Hamb. 1767. 8.
* Neues Hamburgisches Magazin ... Hamburg 1767—84. 20 Vol. 8.

(Chr. Mylius und Abr. Ghf. Kästner) Physikalische Belustigungen. Berlin 1751—57. 30 St. 8.
Commentarii de rebus in scientia naturali et medicina gestis. Lips. 1752—1808. 37 Vol. 4 Suppl. u. 3 Register.
J. Dn. Denso's Monatliche Beiträge zur Naturkunde. Berlin 1752—65. 12 St. 8.
* Desselben Physikalische Bibliothek. Rost. u. Wismar 1754—61. 10 St. 8.
Allgemeines Magazin der Natur, Kunst und Wissenschaften. Leipz. 1753—67. 2 Vol. 8.
Dresdnisches Magazin. Dresden 1759. 2 Vol. 8.
* Bremisches Magazin zur Ausbreitung der Wissenschaften. Bremen 1760—64. 7 Vol. 8.
Neues Bremisches Magazin. Bremen 1767. 8.
(F. H. W. Martini's) Berlinisches Magazin od. gesamm. Schriften u. Nachrichten für die Liebhaber der Arzneiwissenschaft, Naturgeschichte etc. Berlin 1765—67. 4 Vol. 8.
(F. H. W. Martini's) Berlinische Sammlung zur Beförderung der Arzneiwissenschaft, Naturgeschichte etc. Berlin 1768—79. 10 Vol. 8.
Stralsundisches Magazin od. Sammlung auserlesener Neuigkeiten zur Aufnahme der Naturlehre u. s. w. Berlin u. Strals. 1767—76. 2 Vol. 8.
(J. Ph. Gesner's) Sammlungen u. Beobachtungen a. d. Arzneigelahrtheit u. Naturkunde. Nördlingen 1769—76. 5 Vol. 8.
Mannigfaltigkeiten, eine gemeinnützige Wochenschrift. Berlin 1769—73. 4 Jahrg. 8. Neue Mannigf. 1774—77. Neueste Mannigf. 1778—80. Allerneueste Mannigf. 1781—88; zus. 15 Jahrg. 8.
Neue physikalische Belustigungen. Prag 1770. 8.
* (J. Sm. Fr. Gehler's) (1751—95) Sammlung zur Physik u. Naturgeschichte. Leipz. 1778—92. 4 Vol. 8.

* LR. FL. F. v. CRELL's Chemisches Journal für Freunde der Naturlehre etc. Lemgo 1778—81. 6 Vol. 8.
* Id. Die neuesten Entdeckungen in d. Chemie. Leipz. 1781—84. 13 Vol. 8.; neue Ausgabe unt. d. Tit.: Auswahl der eigenthümlichen Abhandl. etc. Leipz. 1786. 4 Vol. 8.
* Id. Chemisches Archiv. Leipz. 1783. 2 Vol. 8.
* Id. Neues chemisches Archiv. Leipz. 1783—91. 8 Vol. 8.
* Id. Neuestes chem. Arch. Weimar 1798. 8.
* Id. Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre. Helmst. u. Leipz. 1784—1803. 40 Vol. 8.
* Id. Beiträge zu den chemischen Annalen. Helmst. u. Leipz. 1785—99. 6 Vol. 8.
* Id. Auswahl vorzüglicher Abh. a. d. französ. Annalen der Chemie. Helmst. 1801. 8.

Gemeinnütziges Fränkisches Archiv etc.; hsgeg. von J. C. HEPPE (1745—1806). Nürnberg 1779. 80. 8 St. 8.

LOR. HÜBNER (1753—1807) Physikalisches Tagebuch für Freunde der Natur. Salzburg 1784—88. 7 Vol. 8.

J. A. WEBER (1741—92) Physikalisch-chemisches Magazin. Berlin 1780. 2 Vol. 8.

* Göttinger Magazin der Wissenschaften und Literatur von L. CH. LICHTENBERG (1738—1812) und FORSTER (1754—94). Gött. 1780—85. 6 Vol. 8.
* LICHTENBERG's Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, mit einem Register über alle Bände. Gotha 1781—99. 12 Vol. 8. (von Bd. 5 an fortges. von J. H. VOIGT).
* J. H. VOIGT's (1751—1823) Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde. Jena u. Weimar 1797—1806. 12 Vol. 8.

PALLAS Neue nordische Beiträge zur physik. u. geogr. Erd- u. Völkerbeschreibung etc. Petersb. u. Leipz. 1781—96. 7 Vol. 8.

CHSTL. BD. FUNK's (1736—86), NTH. GF. LESKE's und K. F. HINDENBURG's Leipziger Magazin zur Naturkunde, Mathem. u. Oekon. Leipz. 1781—1800. ....

J. K. CHR. LÖWE (177.—1807) und J. RIEM (1734—1807) Physikalische Zeitung für 1784—89. Halle, Bresl. u. Leipz. 1784—89. 1 Vol. 4. und 5 Vol. 8.; Sachregister 1790. 8., letzte Liefer. von J. RIEM. 1807. 8.

B. F. HERMANN (1755—1806) Beiträge zur Physik, Oekon., Chem. etc. Berlin (Danzig) 1786—88. 3 Vol. 8.

J. G. TRALLES (175.—1822) Physikalisches Taschenb. Götting. 1786. 8.

J. D. METZGER Bibliothek für Physiker. Königsb. 1787—89. 4 St. 8.

Oberdeutsche Beiträge zur Naturl. u. Oekon. f. d. J. 1787; gesamm. u. hsgeg. von K. EHRENB. v. MOLL (1760—....). Salzburg 1787. ....

---

* P. T. ALB. K. GREN Journal der Physik. Leipz. 1790—94. 8 Vol. 8.
* P. Id. Neues J. d. Phys. Leipz. 1795—97. 4 Vol. 8.
* P. Register dazu von K. JH. BRD. KARSTEN (1782—1853). Leipz. 1800. 8.
* P. L. W. GILBERT's (1769—1824) Annalen der Physik; angef. von GREN. Halle, dann Leipz., 1799—1824. 76 Vol. 8.
* Register dazu von CHR. H. MÜLLER (1772—1849). Leipz. 1826. 8.
* P. = J. C. POGGENDORFF's Annalen der Physik und Chemie. Leipz. 1824—54. 93 Vol. 4 Ergzsbde., 1 Registerbd.; zus. 98 Vol. 8.
* Register zu Bd. 1—90 von POGGENDORFF's Annalen von W. BARENTIN. Leipz. 1845—54. 8.

F. WOLFF Auswahl der neuesten Abhandl. u. Beobacht. auswärtiger Gelehrten üb. Gegenstände der Physik u. s. f. Quedlinb. 1790. 2 Vol. 8.

BERNH. SEB. NAU Neue Entdeckungen u. Beobachtungen aus der Physik etc. Frankf. a. M. 1791. 8.

Der Physiker oder compend. Biblioth. d. Wissensw. aus dem Gebiete der Naturlehre; hsgeg. von CH. K. ANDRE. Eisenach 1795. 8.

J. F. GMELIN's (1748—1804) Götting. Journ. d. Naturwissenschaften. Gött. 1797—98. 4 Hfte. 8.

---

* ALX. NIC. SCHERER (1771—1824) Allgem. Journ. d. Chemie. Leipz., dann Berlin, 1798—1802. 10 Vol. 8. (von Bd. 6 an redig. von K. JH. BRD. KARSTEN).
* Neues allgem. Journal d. Chemie von CH. F. BUCHHOLZ, LR. v. CRELL u. s. w.; hsgeg. von A. FD. GEHLEN. Berlin 1803—5. 6 Vol. 8.
* P. Journal d. Chemie u. Physik von CH. F. BUCHHOLZ, LR. v. CRELL u. s. w.; hsgeg. von A. FRD. GEHLEN. Berlin 1806—9. 12 Vol. 8.

* P. Neues Journ. f. Chemie u. Physik; hsgeg. von Schweigger. Nürnb. 1811—30. 60 Vol. 8.
* P. Neues Jahrb. d. Chemie u. Physik; hsgeg. von Schweigger-Seidel. Halle 1831—33. 9 Vol. 8.
* O. L. Erdmann Journal für techn. u. ökon. Chemie. Leipz. 1828—33. 12 Vol. 8. u. Registerbd. 1837. 8.
* = O. L. Erdmann, F. W. Schweigger (u. R. F. Marchand) Journal für praktische Chemie. Leipz. 1834—54. 63 Vol. 8.; Registerbde. bis Bd. 60. Leipz. 1844—55. 8. (von Bd. 53 an hsgeg. v. O. L. Erdmann und G. Werther).

Chemisch-pharmaceut. Centralblatt. Leipzig 1830—54. 25 Jahrg. 8.

Nordisches Archiv für Natur- u. Arzneiwissenschaft; hsgeg. von C. H. Pfaff und P. Scheel (1773—1811). Copenh. u. Kiel 1799—1805. 4 Vol. 8.

Neues nordisches Archiv von Pfaff, Scheel und C. A. Rudolphi (1771—1832). Frankf. a. O. 1807. 8. 8.

* Bode (1747—1826) Astronomisches Jahrbuch f. d. J. 1776—1829. Berlin 1775—1826. 55 Vol. u. 4 Supplbde. 8.
= * Encke Berliner Astronomisches Jahrbuch für 183.—57. Berlin 182.—1854. 27 Vol. 8. (die ganze Reihe der Berliner astr. Jahrb. 82 Vol. 8.).

Fr. v. Zach Monatliche Correspondenz zur Beh. der Erd- u. Himmelskunde. Gotha 1800—13. 28 Vol. 8.

Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften; hsgeg. von v. Lindenau (1780—1854) und v. Bohnenberger. Stuttg. 1816—18. 12 Hfte. ...

= * H. C. Schumacher (1780—1850) Astronomische Nachrichten. Hamburg 1823—54. 38 Vol. 4. (Bd. 32 red. von Petersen, Bd. 33—37 red. Petersen und Hansen, Bd. 38 red. Hansen).

A. N. Scherer Archiv f. d. theoretische Chemie. Jena u. Berlin 1800—2. 4 Hfte. 8.

K. Gl. Kühn's Physisch-medicin. Journal nach Bondley und Willich. .... 1800—3. 6 Vol. 8.

* Französ. Annalen f. d. allg. Naturg., Physik, Chemie u. s. w.; hsgeg. von Ch. H. Pfaff und S. Friedländer (1769—1824). Hamburg u. Leipz. 1802. 3. 9 Hfte. 8.

J. Abr. Albers Amerikan. Annalen d. Arzneikunde, Naturgesch., Chemie u. Physik. Bremen 1802. 3. 3 St. 8.

Der Galvanismus. Eine Zeitschr., hsgeg. von Prof. Weber. Landshut 1802. 3 Hfte. 8.

ph. Fr. Jos. Schelver's Zeitschrift f. organ. Physik. Halle 1802. 2 St. 8.

Id. Journal d. Naturwissenschaften. Frankf. a. M. 1810. 2 St. 8.

Br. Higgins Protokolle der Verh. in London üb. neuere Gegenstände der Chemie, hsgeg. von A. N. Scherer. Halle 1803. 8.

Göttling Der physisch-chemische Hausfreund. Gotha 1804. 12 Hfte. 8.

---

* Sgm. F. Hermbstädt's Bulletin d. Neuesten und Wissenswürdigsten a. d. Naturwissensch. u. s. w. Berlin 1809—13. 15 Vol. 8.
* Id. Museum des Neuesten etc. Berl. 1814—18. 15 Vol. 8.

Königsberger Archiv f. Naturwissenschaft und Mathematik; von Bessel (1784—1846), Hagen, Schweigger u. Wrede. Königsb. 1811. 12. 4 Hfte. ...

Tübinger Blätter f. Naturwissensch. u. Medicin von Authenrieth und v. Bohnenberger. Tüb. 1815—17. 3 Vol. 8.

K. W. G. Kastner Deutscher Gewerbsfreund. Halle 1815—22. 4 Vol. 4.

* Isis oder encyklopädische Zeitschrift f. Naturwissenschaften; hsgeg. von L. Oken. Jena, Zürich u. Leipz. 1816—48. 32 Vol. 4.

A. N. Scherer Nordische Blätter f. Chemie. Halle 1817. 8.

Id. Allgemeine nordische Annalen d. Chemie. Petersb. 1819—22. 8 Vol. 8.

---

* K. J. Bd. Karsten Archiv f. Bergbau u. Hüttenwesen. Breslau, dann Berlin, 1818—31. 20 Vol. 8.
* Id. Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau u. Hüttenkunde. Berlin 1829—55. 26 Vol. 8. (von Bd. X an mit v. Dechen, Bd. XXVI von G. Karsten red.).

---

* = J. G. Dingler und E. M. Dingler Polytechnisches Journal. Stuttg. 1820—54. 134 Vol. 8. Realindex dazu bis zu Bd. 78 von Stecker. Stuttg. 1843. 8.

---

* L. F. FRORIEP Notizen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften und Heilkunde. Weimar 1821—36. 50 Vol. 4.
* R. FRORIEP und SCHLEIDEN Neue Notizen a. d. Geb. der Natur- u. Heilkunde. Weimar 1837—49. 48 Vol. 4.
* Iid. Tagesber. üb. die Fortschr. d. Natur- u. Heilkunde. Weimar 1850—52. 14 Bde. 8.

---

* H. C. SCHUMACHER Astronomische Abhandl. Mit Beiträgen von BESSEL, GAUSS, OLBERS, FRAUENHOFER. Altona 1823—25. 3 Hfte. 4.

K. C. v. LEONHARD Mineralogisches Taschenbuch. Frankf. a. M. 1807—27. 21 Vol. 8.
* Id. Zeitschrift f. Mineralogie. Heidelberg 1828. 29. 2 Vol. 8.
* Id. und H. G. BRONN Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde. Heidelb. 1830—32. 3 Vol. 8.
= * Iid. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Stuttg. 1833—54. 22 Jahrg. 8.

Naturwissenschaftliche Abhandl. aus Dorpat. Berlin 1823. 8.
Neues u. Nutzbares a. d. Gebiete der Haus- und Landwirthschaft und Technologie. Weimar 1824—30. 6 Bde.

---

* K. W. G. KASTNER Archiv für die gesammte Naturlehre. Nürnberg 1824—29. 18 Vol. 8.; nebst Regist. bis Bd. 9.
* Id. Archiv für Chemie u. Meteorologie. Nürnb. 1830—35. 8 Vol. 8.

Hertha, Zeitschrift für Erd- und Völkerkunde; von BERGHAUS. Berlin 1825. 8.
* = A. L. CRELLE Journal für die reine und angewandte Mathematik. Berlin 1826—54. 48 Vol. 4.

---

* P. Zeitschrift für Physik und Mathematik von A. BAUMGARTNER und A. v. ETTINGHAUSEN. Wien 1826—32. 10 Vol. 8.
* P. Zeitschrift f. Physik und verwandte Wissenschaften von A. BAUMGARTNER. Wien 1832—37. 6 Vol. 8. (von Bd. 5 mit v. HOLGER).

Proteus, eine Zeitschrift für die Geschichte der gesammten Naturlehre, hsgeg. von W. G. KASTNER. Erlangen 1828. 8.
* = F. WÖHLER und J. LIEBIG (und H. KOPP) Annalen der Chemie und Pharmacie. Heidelberg 1832—54. 92 Vol. 8.
* = JOH. MÜLLER Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin. Berlin 1834—54. 21 Jahrg. 8.

Polytechnisches Centralblatt hsgeg. v. A. WEINLIG u. J. A. HÜLSSE. Leipz. 1835—46. 12 Vol. 8.
Polyt. Centralbl., hsgeg. von J. A. HÜLSSE u. J. A. STÖCKHARDT, neue Folge. Leipz. 1847—49. 4.
* = Polytechnisch. Centralbl., unter Mitwirkung von J. A. HÜLSSE u. W. STEIN hsgeg. von G. H. E. SCHNEDERMANN und E. TH. BÖTTCHER. Leipzig 1850—54. 4.

HESSLER Jahrbuch für Physiker, Chemiker und Mineralogen. Gratz 1835—38. 8.
Id. Jahrb. f. Fabrikanten u. Gewerbtreibende, Physiker, Techniker u. s. w. Prag 1838. 39. 2 Vol. 8.

---

* Berliner Gewerbe-, Industrie- und Handelsblatt; hsgeg. von A. F. NEUKRANTZ und F. A. METZKE (und später von PHILIPP). Berlin 1841—50. 33 Vol. 8.
* = J. A. GRUNERT Archiv der Mathematik und Physik. Greifswald 1841—54. 22 Vol. 8.
Allgemeines Wiener polytechnisches Journal. Wien 1842. 43. 2 Jahrg. 4.
* Göttinger Studien. Göttingen 1845. 47. 2 Vol. 8.
* PETZHOLDT Dresdner naturwissenschaftliches Jahrbuch f. 1845. Leipz. 1845. 46. 2 Vol. 8.
Würtembergische naturwissenschaftliche Jahreshefte; hsgeg. von H. v. MOHL, PLIENINGER u. s. w. Stuttg. 1845—51. 7 Vol. 8.
* R. BÖTTGER Polytechnisches Notizblatt. Mainz 1846—54. 9 Bde. 8.
* = G. A. JAHN Unterhaltungen im Gebiete der Astronomie, Geographie und Meteorologie. Halle 1846—54. 8 Jahrg. 8.
* W. HAIDINGER Naturwissenschaftliche Abhandlungen. Wien 1847—50. 3 Vol. Fol.
* A. KRÖNIG Journal für die Physik und physikalische Chemie des Auslandes. Berlin 1851. 3 Vol. 8.
* TH. FECHNER Centralblatt für Naturwissenschaften u. Anthropologie. Leipz. 1853. 54. 2 Jahrg. 4.

§. 22. 6.

b. Schweiz.

Bernisches Magazin. Bern 1775. 8.
P. R. VICAT *Bibliothèque médico-physique du nord.* Lausanne 1783. 84. 3 Vol. 8.
* ALB. HÖPFNER (1759—1813) Magazin für die Naturkunde Helvetiens. Zürich 1787—89. 4 Vol. 8.

---

* CH. et M. AUG. PICTET (1752—....) *Bibliothèque britannique.* Genève 1796—1816. 60 Vol. 8.
* *Bibliothèque universelle. Sciences et arts.* Genève 1816—35. 60 Vol. 8.
* *Bibliothèque univ. Nouvelle série.* Genève 1836—45. 44 Vol. 8.
* = *Archive des sciences physiques et naturelles par* DE LA RIVE, MARIGNAC et PICTET. Genève 1846—54. 27 Vol. 8.
* *Archive de l'électricité. Suppl. à la Bibl. univ.* Genève 1841—45. 5 Vol. 8.

---

v. SALIS-MARSCHLINS und STEINMÜLLER Alpina. Winterthur 1806—8. 4 Vol. 8.
STEINMÜLLER Neue Alpina. Winterthur 1821. 8.

---

v. ZACH *Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique.* Laus. (?) 1818—26. 14 Vol. 8. (s. a. v. ZACH u. 6. a.).

§. 23. 6.

c. Grossbritannien.

HUTTON's *Diarian miscellany from* 1704 *to* 1773. 5 Vol. 12.
Repertory of arts, sciences ... London 1794. ....

---

* NICHOLSON's (175.—1815) *Journal of natural philosophy, chemistry and the arts.* 1796—1801. 5 Vol. 4.
* Id. *Sec. series.* 1802—13. 36 Vol. 8.

---

* P. TILLOCH's *Philosophical magazine.* London 1798—1826. 68 Vol. 8.
* P. *Annals of philosophy cond. by* THOMSON. London 1813—20. 16 Vol. 8.
* P. *Ann. of phil. new series cond. by* R. PHILLIPS (....—1851). Lond. 1820—26. 12 Vol. 8.
* P. *Philosophical magazine and annals of philosophy cond. by* R. TAYLOR *and* R. PHILLIPS. 1827—32. 11 Vol. 8.
* *Edinb. Journ. of science, cond. by* DAV. BREWSTER. 1824—29. 22 Hfte. 8.
* Id. *New series.* Edinb. 1830—32. 12 Hfte. 8.
* P. *The London, Edinburgh and Dublin philosophical magazine and journal of science; cond. by* D. BREWSTER, R. TAYLOR, R. PHILLIPS *and* KANE. London 1832—50. 37 Vol. 8.
* P. = Id. *New series* (4th). London 1851—54. 8 Vol. 8.

ANDERSON's *recreations.* London 1799—.... 6 Vol. 8.
Commercial and agricultural magazine. London 1799. .... 8.

The quarterly journal of science, literature and arts. London 1817—27. 22 Vol. 8.
Id. *New series.* Lond. 1827—30. 7 Vol. 8.
Journal of science and the arts ed. at the roy. inst. of Great-Britain. Lond. 1816—30. 28 Vol. 8.
Id. (Vereint mit *quart. journ.*) *New series.* Lond. 1830. 31. 5 Hfte. 8.

Edinburgh philosophical journal cond. by D. BREWSTER *and* R. JAMESON (....—1854). Edinb. 1815—26. 14 Vol. 8.
* = *Edinb. new philos. journ. cond. by* JAMESON. Edinb. 1826—54. 63 Vol. 8.

The repertory of arts etc. London 1794—1825. 62 Vol. 8. in 2 Serien.
= *Repertory of patent inventions.* London 1825—54. 61 Vol. 8.

The London journal of arts and sciences. London 1820—28. 14 Vol. 8.
Id. *Second series.* London 1828—34. 9 Vol. 8.
* = Id. *Cond. by* W. NEWTON; *conjoined series.* London 1832—54. 45 Vol. 8.

---

* = *The mechanics magazine, museum, register journal and gazette; ed. by* J. C. Robertson. London 1824—54. 61 Vol. 8.

Edinb. journ. of natural and geographical science. Edinb. 1829. 30. 2 Vol. 8.
Id. *New series.* 1830. 31. 6 Hfte. 8.

The annals of electricity, magnetism and chemistry, and guardian of experimental science; cond. by W. Sturgeon (1783—1851). Lond. 1836—.... 10 Vol. ...
= * *The year book of facts in science and art.* Lond. 1839—54. 16 Vol. 12.
= (?) *Quarterly review.* London 1809—54. 94 Vol. 8.
= (?) *Edinburgh review or critical Journal.* Edinb. 1802—54. 102 Vol. 8.
* = *The Athenaeum, journ. of english and foreign literature, science and the fine arts.* London 1827—54 (wöchentl. 1 Nr.). 4.
The Glasgow mechanics magazine and annals of philosophy. Glasgow 1824—26. 5 Vol. 8.
The Chymical gazette cond. by W. Francis *and* H. Croft. London 1842. .... 8.
Scientific memoirs, edit by R. Taylor. London 1836. .... 8.
Pharmaceutical gazette ..... London .....

---

§. 24. 6.

d. Vereinigte Staaten von Nordamerika.

The American Journal of Science and Arts; cond. by Silliman. New Haven 1819—44. 44 Vol. 8.
* = Id. *New series cond. by Prof.* B. Silliman *and* B. Silliman *jun. and* James Dana *aided by* Wolcott Gibbs, Asa Gray, L. Agassiz, Waldo J. Burnett. New Haven 1846—54. 18 Vol. 8.

Boston journal of science. Boston 1825. .... 8.
* Nordamerikanischer Monatsbericht für Natur- und Heilkunde von W. Keller und H. Tiedemann. Philadelphia 1850—52. 4 Vol. 8.
The American polytechnical journal, a monthly periodical, devoted to science mechanics, arts and agriculture. Washington and New-York 1853. .... 8.
* = Benj. Apthorp Gould *Jun. The Astronomical journal.* Cambridge 1851—54. 4 (?) Vol. 4.

---

§. 25. 6.

e. Frankreich.

Journal des Sçavans. Paris 1665—1792. 111 Vol. 4.
Id. latein. Ephemerides eruditorum annor. 1665—70. Lips. 1667—71. 5 Vol. 8.
Id. Veränd. Ausgabe. *Journal des Sçavans* 1665—1782. Amst. 381 Vol. 12.
Journal des savans. Strasb. 1816—26. 11 Vol. 4.
* = *Journal des savants.* 1827—54. Paris. 4.

J. Gautier d'Agoty (....—1784) *Observations sur l'histoire naturelle sur la physique etc.* Paris 1752—55. 6 Vol. 4.
V. Toussaint *Observations périodiques sur la physique etc.* Paris 1756. 57. 3 Vol. 4.

J. E. Guettard *Mémoires sur différentes parties de la physique, de l'histoire naturelle etc.* Paris 1768—83. 3 Vol. 4.
Id. *Nouvelle collection.* Paris 1786. 3 Vol. 4.

---

* Rozier (1734—93) *Observations sur la physique sur l'histoire naturelle et sur les arts.* Paris 1771. 72. 18 Vol. 12.; id. éd. II. 1777. 2 Vol. 4.
* Rozier, Mongez (1751—88) et de Lamétherie (1743—1817) *Observations et mémoires sur la physique sur l'hist. nat. et sur les arts.* Paris 1773—93. 43 Vol. 4.
* C. C. W. Sammlung brauchbarer Abhandlungen aus des Hrn. Abt Rozier Beobachtungen. Leipz. 1775. 2 Vol. 8.
* de la Métherie *Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle* Paris 1794—1812. 32 Vol. 4.
* de la Métherie et Ducrotay *Journ. de phys. etc.* 1813—17. 9 Vol. 4.
* Ducrotay *Journ. de phys. etc.* 1817—23. 12 Vol. 4.
(Die ganze Reihe 98 Vol. 4. oder 18 Vol. 12. und 96 Vol. 4.)

PARMENTIER et DEYEUX *Bibliothèque physico-économique.* Paris 1782—96. 24 Vol. 12.
SONNINI et DENYS *Bibl. phys.-écon. séc. sér.* Paris 1802—16. 28 Vol. 12.
A. TH. DE BERNEAUD *Bibl. phys.-écon. 3^me^ sér.* 1817—45. à Jahrg. 2 Vol.

---

* G. DE MORVEAU, LAVOISIER, MONGE, BERTHOLLET, DE FOURCROY, DE DIETERICH, HASSENFRATZ et ADET, *annales de chimie ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dependent.* Paris 1789—1815. 96 Vol. 8.
Englisch: *The annals of chemistry etc. by M. M.* DE MORVEAU *etc.* London 1791. 8.
* P. GAY-LUSSAC (1778—1850) et ARAGO (1786—1853) *Annales de chimie et de physique.* Paris 1816—40. 75 Vol. 8.
* P. = GAY-LUSSAC, ARAGO, DUMAS, PELOUZE, BOUSSINGAULT et REGNAULT, *Annales de chimie et de physique. 3^me^ sér.* Paris 1841—54. 42 Vol. 8.

Magazin encyclopédique par A. L. MILLIN (1759—1818), NOËL et WARENS. Paris 1795—1816. 122 Vol. 8. u. 4 Registerbde. 8.

Journal des mines. Paris 1794—1815. 38 Vol. 8.
Table analytique des matières cont. dans les 28 prem. vol. par LESCHEVIN. Paris 1813. 8.
* *Annales des mines.* Paris 1816—26. 26 Vol. 8.
* Id. 2^me^ *sér.* 1827—30. 8 Vol. 8.
* Id. 3^me^ *sér.* 1832—41. 20 Vol. 8.
* Id. 4^me^ *sér.* 1842—51. 20 Vol. 8.
* *Table des matières cont. d. l. 4^me^ sér.* 1852. 8.
= * *Annales des mines 5^me^ sér.* 1852 ff. 8.

Décade litéraire et politique. Paris 1799. .... 8.
Annales des mathématiques pures et appliquées; réd. par GERGONNE. Paris 1810—30. 20 Vol. 4.
= *Journ. de math. pur. et appl.; réd. par* J. LIOUVILLE. Paris 183.—53. 19 Vol. 4.

---

* *Bulletin des sciences mathématiques, physiques et chimiques. Publié sous la direction de M. le Baron* DE FÉRUSSAC. Paris 1824—31. 12 Vol. 8.
* *Bulletin des sc. technologiques par* DE FÉRUSSAC. Paris 1824—31. 19 Vol. 8.

Annales scientifiques, litéraires et industrielles de l'Avergne. .... 1828. ....
Annales des sciences d'observation par SAIGEY *et* RASPAIL. Paris 1829. 30. 8 Vol. 8.
* = *l'Institut ou journal universel des sciences etc.* Paris 1833—54. 22 Jahrg. 4. (seit 1836 in zwei Sectionen. Sect. 1: *Sciences math., phys. et natur.*).
* CAUCHY *Exercices d'analyse et de physique mathématique.* Paris 1840 ff. 4.
* = MOIGNO *Cosmos.* Paris 1852—54. 3 Jahrg. 8.
Archives de découvertes. Paris ......
Annales des arts et manufactures. Paris ......
Le Technologiste. ....
Le moniteur industriel. ....
AUBERT *Journal des beaux arts et des sciences.* ....
Journal de pharmacie et de chimie. ....

§. 26. 6.

f. Belgien.

Annales générales des sciences physiques par B. DE VINCENT, DRAPIEZ *et* VAN MONS. Brux. 1819—21. 8 Vol. 8.
QUETELET *Correspondance astronomique et mathémat.* Gand u. Brux. 1825—32. 7 Vol. 4.
* = QUESNEVILLE *Revue scientifique et industrielle.* Brux. 1840—54. 59 Vol. 8.
Répertoire de pharmacie, de chimie et de physique. Brux. 1842 ff. 8.

§. 27. 6.

g. Holland.

Allgemeene Konst-en Letterbode voor meer-en min-geöffenden behelzende Berigten, uit de geleerde Waereld von alle Landen. Haarlem 1788—93. 12 Vol. 4.
Id. 2te Reihe 1794—98. 10 Vol. 8.
Id. 3te Reihe 1799—.... ... 8.

Recherches physico-chimiques (*éd.* Deiman, Paets van Troostwyk *etc.*). Amst. 1792—94. 3 Hfte. 4.
Chemische en phijsische Oefeningen door P. J. Kastelyn, Bondt en D. J. R. Deiman. Amst. en Leyden. 8.
Nieuwe chem. et phijs. Oefen. door P. van Werkhoven. Utrecht 1797—1802. 2 Vol. 8.
Natuur-en scheikundige Verhandelingen van Deiman, Päts van Troostwijk Lauwerenburgh en Vrolik. Amst. 1809. 4 St. 8.
F. A. W. Miquel, G. J. Mulder et W. Wenckebach *Bulletin des sciences physiques et naturelles en Neerlande.* Leyd., Rotterd. et Utrecht 1838—40. 1 Vol. 4. et 2 Vol. 8.

§. 28. 6.

h. Dänemark.

Tidskrift for naturvidenskaberne udgiv. af Örsted, Hornemann og Reinhardt. Kiöb. 1822—28. 5 Vol. 8.
Den physicalske Aarbog for 1786—93 af Wildb. Schulze, Kjöb.; for 1800 af Nic. Bötcher (1756—1822). Fridericia. Zus. 8 Vol. 8.
Physicalsk .... Bibliothek for Danmark og Norge. Red. O. H. Mynster (1772—1818). Kjöb. 1794—97. 12 Vol. 8.
Bibliothek for Physik etc. Red. C. G. Rafn (1770—1808). Kjöb. 1798—1800. 6 Vol. 8.
Nyt Bibliothek for Physik etc. Kjöb. 1801—7. 10 Vol. 8.

§. 29. 6.

i. Schweden und Norwegen.

Christianiae physicalske Aarbog. Christ. 1783—87. 7 Vol. 8. (s. a. u. 6. h.).
Magazin for naturvidenskaberne udg. af Professorne G. F. Lund, C. Hansteen og H. H. Maschmann. Christ. 1823—33. 11 Vol. 8. (s. a. u. 5. i. Nyt magaz. ...).
Afhandl. i Fysik Kemi ....

§. 30. 6.

k. Russland.

Schtscheglow Wegweiser zu den Entdeckungen in der Physik, Chemie etc. Petersb. 183. ..... jährl. 6 Hfte. 8. (in russischer Sprache).

§. 31. 6.

l. Italien.

* L. Brugnatelli *Biblioteca fisica d'Europa o sia raccolta di osservazioni sopra la fisica, matematica, chimica, storia naturale, medicina e arte.* Pavia. 20 Vol. 8. (ohne Jahr; 1788—91).
Id. *Giornale fisico-medico.* Pavia 1792—94. 12 Vol. 8.
Id. e Configliachi *Giornale di fisica, chimica e storia naturale.* Pavia 1808—12. 11 Vol. 8.
Id. *Decada* 2. Gasp. Brugnatelli (....—1852). Pavia 1818—26. .... 8.

Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti. Milano 1778—95. 15 Vol. 4.

Biblioteca italiana p. Julio, Giobert, Vassalli-Eandi, Rossi. Torino 1801. .... 8.
Biblioteca italiana p. G. Pirotta. Milano 1816—40. 100 Vol. 8.
* = (?) *Giornale arcadico delle scienze.* Roma 1819—50. 120 Vol. 8.
* *Giornale di scienze lett. ed. arti per la Sicilia, diretto del Barone* V. Mortillano. Palermo 1823. .... 8.
Antologia Fiorentina. Firenze 1821—32. 48 Vol. 8.
* Fr. Zantedeschi *Raccolta fisico-chimica Italiana.* Venez. 1846—48. 3 Vol. 8.
* Id. *Annali di Fisica.* Padova 1849. 50. 8.
* Id. *Giornale fisico-chimico italiano.* Venez. 1851. 8.
Giornale toscano di scienze mediche, fisiche e naturali diretto dai proff. G. B. Amici, Bufalini, Georgini, Puccinotti, G. Savi, P. Savi. Firenze 1840—42. ......

§. 32. 6.

m. Spanien und Portugal.

Variedades de Ciencias, Literatura y Artes. Obra periodicá. Madrid 1803—5. 2 Jahrg. in 8 Vol. 8.

§. 33. 7. **Physikalische Lehrbücher und Sammelwerke eines Autors** (mit Ausschluss der Physik des Alterthums). Chronologisch geordnet.

1576. * Jo. Bapt. Porta (1546—1615) Magiae naturalis sive de miraculis rerum naturalium libri IV. Antverpiae. 8.
1591. Franc. Bonamicus De motu libri X quibus generalia naturalis philosophiae principia summo studio coll. continentur. Florentiae. Fol.
1618. Dan. Sennerti (1572—1637) Philosophia naturalis. Witeb. 4.
1634. Herigone Cursus mathematicus. Paris. 5 Vol. 1634—37.
1644. Marini Mersenni (1588—1648) Cogitata physico-mathematica. Paris. 3 Vol. 4. 1644—47.
ph. Ren. Descartes (1596—1650) Principia philosophiae nat. Amst. 4.
1650. Honoratus Taboy Scientiarum physicarum tractatus. Lib. V. .....
* Dan. Sennert Epitome naturalis scientiae. Francof. 8.
Id. Opera. Lugd. 3 Vol. Fol.
1651. Id. Epitome nat. scientiae. Amst. 12.
1652. Elten *Mathematical recreations by* Oughtred ....
1653. ph. Franc. Bacon. de Verulamio (1560—1626) Scripta in naturali et universa philosophia. Amst. 12.
1656. Galilaeo Galilaei (1564—1641) Opere. Bologna 1656—58. 2 Vol. 4.
1657. Casp. Schott (1608—1666) Magia universalis naturae et artis. Herbip. 4 Vol. 4.
1662. Id. Physica curiosa sive mirabilia naturae et artis. Herbip. 2 Vol. 4.
1663. Joach. Jungii Doxoscopiae physicae minores. Hamb. 4.
1664. Henr. Power *Experimental philosophy.* ..... 4.
Joh. Claubergii (1622—1665) physica. Amstel. 4.
* Casp. Schott Technica curiosa sive mirabilia artis libris XII comprehensa. Norimb. et Herbip. 4.
1665. Rob. Boyle (1629—91) *Works.* London. 5 Vol. Fol.
Fr. Bacon. de Verul. Opera omnia. .... Fol.
1666. Duchess of Newcastle *Experimental philosophy.* ..... Fol.
1667. * Casp. Schott Physica curiosa etc.; ed. II. Herb. 2 Vol. 4.
1668. Ren. Descartes *Oeuvres.* Paris. 5 Vol. 4.
Joh. Bapt. Riccioli (1598—1671) Argomento physico-mathematico. Bol. 4.
1669. Honor. Fabri physica, i. e. scientia rerum corporearum in decem tractatus distributa. Lugd. 2 Vol. 4.
1672. * Ottonis de Guericke (1602—86) Experimenta nova ut vocantur Magdeburgica. Amstelod. Fol.
C. Schotti magia univ. naturae et artis. Bamb. 3 Vol. 4.
1673. Jaq. Rohault (1620—75) *Traité de physique.* Paris. 2 Vol. 12.
1674. Dechales Cursus mathematicus. Lyon. 3 Vol. Fol.
1676. * Jo. Chrph. Sturm (1635—1703) Collegium experimentale sive curiosum. Norimb. 2 Vol. 4. 1676—85.
1677. * Rob. Boyle Opera varia. Genev. 4.
1678. J. Bapt. Duhamel (1624—....) Philosophia vetus et nova ad usum scholae accommodata. Paris. 4 Vol. 12.
1679. Rob. Hooke (1635—1703) Lectiones Cutlerianae. .... 4.
1680. * Rob. Boyle Opera varia. Genev. 4.; ed. II.
1681. J. B. Duhamel philosophia vetus et nova in regia Burgundia pertractata. Paris. 4.
1682. * R. Boyle Experimenta nova physico-mechan. Lindaviae 1682. Genevae 1682—95.
1683. Is. Barrow (1630—77) *Works.* London. 3 Vol. Fol.
1684. * P. Franc. tert. de Lanis Magisterium naturae et artis. Brixiae 1684—86. Parmae 1692. 3 Vol. Fol.
1685. Wolferdi Senguerdi (1639?—....) Philosophia naturalis. Lugd. Bat. 4.; ed. II.
1687. Isaac Newton (1642—1727) Philosophiae naturalis principia mathematica. Lond. 4.
Jo. Chrph. Sturm Physicae conciliatricis conamina. Norimb. 12.
1691. Joh. Claubergii Opera. Amst. 2 Vol. 4.
1692. Ren. Cartesii Opera omnia. Amstel. 9 Vol. 4.
1693. Jo. Wallisii (1616—1703) Opera. Oxon. 3 Vol. Fol. 1693. 96. 99.
1694. Fr. Bacon. de Verul. Opera omnia; op. Simon Joh. Arnoldi. Lips. Fol.
Galilaeus Galilaei Dialogi. Leid. 4.
1696. Leeuwenhoek (1632—1723) Arcana naturae. 2 Vol. 4. ....
Clerici physica. Amst. .....

1697. Casp. Schott Physica curiosa etc.; ed. III(?).
* J. C. Sturm Physica electiva sive hypothetica. Norimb. 1697. 1722. 2 Vol. 4.
1700. * Jac. Rohault Tractatus physicus, cum animadv. Ant. le Grand. Amstel. 8.
J. Bapt. Duhamel Philosophia vetus et nova ad us. scholae acc. Paris. 6 Vol. 12.; ed. II.
1703. Christ. Hugenii (1629—95) Opuscula postuma. ..... 4.
1705. Rob. Hooke's *posthumous works publ. by* Rich. Waller. London. Fol.
* Joh. Keillii (1680—1721) introductio ad veram physicam seu lectiones physicae. Oxon. 8.
Ant. Parent (1666—1716) *Recherches de mathématique et de physique*. Paris. 12.
1706. Hartsöker (1656—1725) *Conjectures physiques et eclairsissements sur les conjectures phys*. Amst. 1706—10. 4.
1708. Joh. Keillii Introductio ad veram physicam et veram astronomiam. Oxon. 4.
Jac. Rohault *traité de physique*. Bruxelles. 2 Vol. 8.
1709. Franc. Hawksbee *Course of experiments on mechanics, pneumatics and optics*. Lond. 4.
1711. Jaq. Rohault *traité de physique* edit. Clarkii. Lond. 1711 u. 29. 2 Vol. 8.
Wyer Guil. Muys (1682—1744) Elementa physices methodo mathematica demonstrata. Amst. 4.
Joh. Jac. Scheuchzer (1672—1733) Physica oder Naturwissenschaft. Zürich. 2 Vol. 8.
1713. Is. Newton Philos. natur. princ. mathem.; ed. by R. Cotes. Cantab. 4.
Ant. Parent *Recherches de mathématique et de physique*. Paris. 12.; éd. II.
Joh. Wallisii Opera. Oxon. 3 Vol. Fol.; ed. II (?).
1714. Helbigii physica curiosa. Erffurt. .....
Is. Newton Philos. natur. princ. math. Amst. 4.
1715. Wolferd. Senguerd Connubium rationis atque experientiae. Rotterd. ....
1716. Brnhd. van Nieuwentydt (1654—1718) Recht gebruyk der weereld beschouvinge. Amst. 4.
1717. John Theoph. Desaguliers *Cours of experimental philosophy*. Lond. 2 Vol. 4.
Edm. Mariotte (16..—1684) *Oeuvres diverses de physique*. Leyden. 2 Vol. 4.
* Herrm. Frid. Teichmeyeri (....—175.) Elementa philosophiae naturalis experimentalis. Jen. 4.
* R. G. F. S. (Richter [1691—1742]) Objectiones contra physicam divinam. Franc. a. M. 4.
Andr. Rüdiger (1673—1731) Physica divina.
1718. * G. F. Richter Objectionum contra physicam divinam vindiciae. Lips. 4.
Galileo Galilei *opere*. Firenze. 3 Vol. Gr. 4.
1719. Joh. Keillii Introductio ad veram physicam cet. Lond. 4.; ed. II.
B. van Nieuwentyt *religious philosopher*. 3 Vol. 8.
J. T. Desaguliers *System of philosophy proved by mathematics*. 4.
Dominica Opera omnia mathematica, hydraulica et physica. 2 Vol. 4.
* Helbigii introitus in physicam. Lübben. 8.
1720. Joh. Melch. Verdries (1679—1736) conspectus philos. natur. Giessen. 8.
* Guil. Jac. s'Gravesande (1688—1742) physices elementa mathematica experimentis confirmata sive introd. ad philos. Newtonianam. Lugd. Bat. 2 Vol. 4. 1720. 21.
1721. * Chr. Wolf's Allerhand nützliche Versuche zur genaueren Kenntniss der Natur und Kunst. Halle. 3 Vol. 8. 1721—23.
* C. et P. Perrault (1613—88) *Oeuvres diverses de physique et de mechanique*. Leide. 2 Vol. 4.
* Joh. Henr. Mulleri (1671—1731) Collegium experimentale. Norimb. 4.
1722. Leeuwenhoek opera omnia seu arcana naturae cet. 4 Vol. 4. ...
Hartsoeker *Recueil de plusieurs pièces de physique*. Utrecht. 8.
J. C. Sturm praelectiones academicae. Ulm. 4.
1723. Chr. Wolff Vernünftige Gedanken von den Wirkungen der Natur, den Absichten der natürlichen Dinge, dem Gebrauche der Theile in den Menschen, Thieren und Pflanzen. Halle 1723—25. 3 Vol. 8.
1724. Hugenii opera varia a s'Gravesande. Lugd. 4 Vol. 4.
1725. Joh. Keillii introd. ad ver. phys. et ver. astr. Lugd. Bat. 4.
Chr. Wolff Vernünftige Gedanken u. s. w. 2. Aufl.
Guil. Jac. s'Gravesande Physices elementa mathemat. Leid. 2 Vol. 4.; ed. II.
B. v. Nieuwentyt Regt gebruik der wereltbeschouwingen. Amst.; ed. II (?).

1726. Joh. Keill *Natural philosophy.* London. ...
Is. Newton Philosophiae natur. principia mathem. publ. by Pemberton. London. 4.
Pet. van Musschenbroek (....—1761) Epitome elementorum physico-math. Lugd. Bat. 8.
Rob. Hooke *Philosophical experiments and observations publ. by* Derham. London. 8.
D. Gregorii astronomiae physicae et geometr. elementa. Genevae. 2 Vol. 4.; ed. II.
1727. * Geo. Erh. Hambergeri (1697—1755) elementa physices. Jenae. 8.
C. Perrault *Oeuvres de physique et de mechanique.* Amst. 2 Vol. 4.
* Vater physica experimentalis. Witteb. 4.
Chr. Wolff Allerhand nützliche Versuche zur genaueren Erkäntnis der Natur. Halle. 3 Vol. 8.; ed. II.
1728. Hugenii opera reliqua. Amst. 2 Vol. 4.
Pemberton *Newtonian philosophy.* ...... 4.
1729. * P. van Musschenbroek Physicae experimentalis et geometricae dissertationes. Lugd. Bat. 4.
* Joh. Jac. Scheuchzer physica oder Naturwissenschaft. Zürich. 2 Vol. 8.; ed. III.
Is. Newton *Mathematical principles of natural philosophy transl. by* A. Motte. London. 2 Vol. 8.
P. Noel Regnault (1683—1762) *Entretiens physiques.* Paris. 3 Vol. 12.
Id. Dasselbe Werk. 4 Vol. 12.; ed. II.
1730. Galileo Galilei *mathematical discourses.* 4. .....
Nic. Hartsoeker *Cours de physique.* Haag. ....
Is. Newton Philosophiae nat. princ. math. ill. a G. P. Domckio. London. 2 Vol. 8.
1731. Joh. Crivelli (1691—1743) *Elementi di Fisica.* Venet. 1731. 32. 2 Vol. 4.
* Petrus van Musschenbroek Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento. Lugd. Bat. 4.
1732. Jurin Dissertationes physico-mathematicae. .... 8.
P. N. Regnault *Entretiens physiques.* Paris. 4 Vol. 12.; ed. III.
1733. Fr. Bacon de Verul. *philosophical works, methodized and made english with notes by* Peter Shaw. London. 3 Vol. 4.
Is. Newton philos. nat. princ. mathem. Glasguae. 8.
H. F. Teichmeyeri elem. phil. natur. experimentalis. Jen. 4.; ed. II.
Jos. Privat de Molières (1677—1742) *Leçons de physique.* Paris 1733—39. 4 Vol. 12.
1734. John Tr. Desaguliers *Cours of experimental philosophy.* Lond. 2 Vol. 4.; ed. II.
* P. v. Musschenbroek Elementa physices. Lugd. Bat. 8.
* P. N. Regnault *l'origine ancienne de la physique nouvelle.* Paris. 3 Vol. 8.
ph. Em. Swedenborg (1677—1772) opera philosophica et mineralia. Principia rerum naturalium sive novorum tentaminum phaenomena mundi elementaris. Dresdae et Lips. Fol.
1735. * G. E. Hambergeri elementa physices. Jen. 8.; ed. II.
1737. P. N. Regnault *Entretiens physiques.* Paris. 4 Vol. 12.; ed. IV.
1738. J. Rowning *a compendious system of natural philosophy.* London 1798—44. 8 Fasc. 8.
P. L. Moreau de Maupertuis (1698—1759) *anecdotes physiques.* ..... 12.
Lettre d'un physicien sur la philosophie de Newton, *mise a la portée de tout le monde par* M. de V. (Voltaire [1694—1778]) (*Critique composée par le* P. Regnault). Paris. 12.
Dasselbe Werk: *translated by* Hanna. London. 8.
1739. Is. Newton's *philosophy explained for the use of ladies; from the Italian of* Algarotti. 2 Vol. 8.
* Is. Newton philosophiae naturalis principia mathematica perpet. comm. illustr. st. P. P. Thom. le Seur et Franc. Jacquier. Genevae 1739—42. 3 Vol. 4.
Joh. Keillii intr. ad ver. phys. et ver. astr. Lugd. Bat. 4.; ed. II (?).
Id. intr. ad ver. phys. seu lectiones physicae. Oxon. 4.
* P. v. Musschenbroek *Essai de physique; trad. par* Massuet. Leyd. 2 Vol. 4.
Helsham *lectures on natural philosophy.* .....
1740. Edm. Mariotte *Oeuvres diverses de physique.* La Haye. 2 Vol. 4.; ed. II.
1741. * G. E. Hambergeri elementa physices. Jen. 8.; ed. III.
de Voltaire *institutions de physique.* Amst. 8.
1742. * G. J. s'Gravesande physices elem. math. exper. confirmata .... Lugd. Bat. 2 Vol. 4.; ed. III.
* Joannis Bernoulli (1667—1747) opera omnia. Laus. et Genev. 4 Vol. 4.
* Geo. Bernh. Bilfingeri (1693—1750) Elementa physices. Lips. 8.
La Marquise du Chastellet *Institutions physiques.* Amst. 8.; nouv. éd.

1743. Abbé J. Ant. Nollet (1700—1770) *Leçons de physique expérimentale.* Paris 1743—50. VI Vol. 8.
Id. Dasselbe Werk: *éd. de Amsterdam.*
Id. *lectures in experimental philosophy, transl. by* Colson. .... 8.
J. J. Scheuchzer physica oder Naturwissenschaft. Zürich. 2 Vol. 8.; ed. IV?
J. P. Loys de Chenaux *Essais de physique.* Paris. 12.
J. P. de Molières *Abrégé de la physique; publ. par* le Corgne de Launay. Paris. 8.

1744. Rob. Boyle's *works.* London. 5 Vol. Fol.; ed. II (?).
Is. Newton opuscula mathematica, philosophica .... coll. Joh. Castillioneus. Laus. et Gen. 3 Vol. 4.
G. J. s'Gravesande physices elem. math. exp. conf. Lugd. Bat. 2 Vol. 4.; ed. III.
*Jacobi Bernoulli (1654—1705) opera. Genev. 2 Vol. 4.
P. N. Regnault *Entretiens physiques.* Paris. 5 Vol. 12.; ed. V.

1745. J. T. Desaguliers *cours of experimental philosophy.* London. 2 Vol. 4.; ed. III (?).

1746. *Joh. Andr. Segner (1704—77) Einleitung in die Naturlehre. Götting. 8.
*L. Euleri (1707—83) opuscula varii argumenti. Berlin 1746—51. 3 Vol. 4.
G. J. s'Gravesande *Éléments de physique, trad. p.* L. de Jaucourt. Leyde. 2 Vol. 4.
Chr. Wolf Experimentalphysik. Halle 1746—53. 3 Vol. 8.

1747. P. v. Musschenbroek Grundlehren der Naturwissenschaften. Nach der 2ten lat. Ausg. ins Deutsche übers. von J. Chr. Gottscheden. Leipz. 8.
B. v. Nieuwentyt Rechte Art der Naturbetrachtung; übers. v. J. A. Segner. Jena. 4.

1748. *P. v. Musschenbroek Institutiones physicae. Lugd. Bat. 2 Vol. 8.
G. J. s'Gravesande phys. elem. math. exper. conf. Lugd. Bat. 2 Vol. 4.; ed. IV.
Id. Dasselbe Werk. Genev. 2 Vol. 4.
Rutherforth *natural philosophy.* .... 2 Vol. 4.
Colin Maclaurin *an account of Sir* J. Newton's *philosophical discoveries.* London. 4.

1749. Abbé Nollet Vorlesungen über die Experimental-Naturlehre; a. d. Franz. übers. Erf. u. Leipz. 1749—75 (von Th. 5 an u. d. Tit.: physikalische Lehrstunden). 9 Vol. 8.

1750. J. Newton phil. nat. princ. math. ed. le Seur et Jacquier. Genevae. 4 Vol. 4.; ed. II.
Joh. Gottl. Krüger (1715—59) Naturlehre. Halle. 8.
Geo. Wolfg. Kraftii (1701—54) praelectiones in physicam theoreticam. Tub. 1750—54. 3 Vol. 8.
Chr. Aug. Crusii (1715—75) Anleitung üb. natürliche Begebenheiten ordentlich nachzudenken. Leipz. 8.

1751. *J. Th. Desaguliers *Cours de physique expérimentale; trad. de l'angl. par le P.* Esp. Pezenas. Paris 1751. 52. 8 Vol. 4.
Id. De natuurkunde mit Onder Vindingen opgemaakt. .... 4.
Andr. Gordon Physicae experimentalis elementa. Erford. 2 Vol. 8.
Jos. Knell physica ex recentiorum observationibus. Vienn. 2 Vol. 4.
*P. v. Musschenbroek *Essai de physique, trad. par* P. Massuet. Leyd. 4.; ed. II?

1752. P. L. Moreau de Maupertuis *Oeuvres mathém., phys., philos.* Dresd. 4.

1753. Joh. Heinr. Winkler Anfangsgründe der Physik. Leipz. 8.
*Sm. Ch. Hollmann (1696—1787) philosophiae naturalis primae lineae. Gött. 8.
Mch. Cp. Hanow (1695—1773) Seltenheiten der Natur u. Oekonomie; hsgeg. von J. Dn. Titius. Leipz. 1753—55. 3 Vol. 8.
*Joh. Pet. Eberhard (1727—79) Erste Gründe der Naturlehre. Halle. 8.

1754. *Nollet *Leçons de physique expérimentale.* Paris 1754—65. 6 Vol. 8.
J. A. Segner Einleitung in die Naturlehre. Gött. 8.; ed. II.
J. H. Winkler Anfangsgründe der Physik. Leipz. 8.; ed. II.
F. Hawksbee *Expériences physico-mécaniques sur différents sujets; trad. de l'angl. par* Fr. Brémond, *publ. par* Desmarest. Paris. 2 Vol. 12.
P. L. M. de Maupertuis *Oeuvres.* Lyon 1754. 56. 68. 4 Vol. 8.

1755. J. P. Eberhard Sammlung der ausgemachten Wahrheiten in der Naturlehre. Halle. 8.
P. N. Regnault *Entretiens physiques.* Paris. 5 Vol. 12.; ed. VI.

1756. *P. v. Musschenbroek physicae experimentalis et geometricae dissertationes. Viennae, Pragae et Tergesti. 4.
Id. tentamina experiment. Viennae. 4.

1757. J. H. Winkler *natural philosophy, transl. fr. the Germ.* Lond. 8.

1758. *Chr. Gottl. Kratzenstein (1723—95) Systema physicae experimentalis. Hafniae. 8.

1759. J. G. KRÜGER Auszug aus seiner Naturlehre. Helmst. 8.
*ph. ROG. JOS. BOSCOWICH (1711—87) Philosophiae naturalis theoria redacta ad unicam legem. Viennae, Austriae. 4.
*J. P. EBERHARD Erste Gründe der Naturlehre. Halle. 8.; ed. II.
*J. NEWTON *Principes mathém. de la philos. naturelle; trad. par Mme. la Marquise* DU CHASTELLET. Paris. 2 Vol. 4.

1760. G. J. s'GRAVESANDE Philosophiae Newtonianae institutiones. Vindob. 8.
J. NEWTON philosophia naturalis perp. comm. ill. st. LE SEUR et JACQUIER, ed. CALANDRINI. Coloniae. 4 P. in 3 Vol. 4.

1761. ROBIN *mathematical tracts.* London. 2 Vol. 8.
LAUR. JOH. DAN. SUCKOW (1722—1801) Entwurf einer Naturlehre. Jena. 8.
RICCATI Opera omnia. ... 4 Vol. 4.
M. C. HANOW phil. nat. s. physica dogmatica. Halle 1761—67. 4 Vol. 8.
J. CH. F. DE LA PERRIÈRE DE ROIFFÉ (....—1776) *Extrait du nouveau système général de physique et d'astronomie.* .... 12.

1762. *P. v. MUSSCHENBROEK Introductio ad philosophiam naturalem. Lugd. Bat. 2 Vol. 4.
P. MAKO v. KEREKGEDE (1723—93) Compendiaria physicae institutio cet. Vindob. 2 Vol. 8.
JONES *Natural philosophy.* London 1781. 4.
GUYTON DE MORVEAU (1737—1816) *essay de physique.* Dijon. 12.
S. C. HOLLMANN Sylloge commentationum. Gött. 1762—75. 4.

1763. J. TH. DESAGULIERS *Course of experimental philosophy.* London. 2 Vol. 4.; ed. IV (?).
CAR. SCHERFFER (1716—83) Institutiones physicae. Vindob. 2 Vol. 8.

1764. J. THDR. ELLER (1689—1760) Physikalisch-chemische Abhandlungen; übers. von K. ABR. GERHARD. Berlin. 2 Vol. 8.

1765. FR. BACON's *works.* London. 5 Vol. 4.
J. ROWNING *natural philosophy.* London. 2 Vol. 8.; ed. II.
J. GLI. GLEDITSCH (1714—86) Vermischte physik., botan. u. ökon. Abhandlungen. Halle 1765—67. 3 Vol. 8.
G. WFG. KRAFFT prael. acad. publ. in physicam theoret. Tubing. 3 Vol. 8.; ed. II. ed. J. KIES.
J. NEWTON Excerpta quaedam e principiis phil. nat. London. 4.

1766. J. C. F. LA PERRIÈRE *physique céleste et terrestre à la portée de tout le monde.* Paris. 3 Vol. 12.

1767. J. P. EBERHARD Erste Gründe der Naturlehre. Halle. 8.; ed. III.
J. RHD. SIGAUD DE LA FOND (1740—1810) *Leçons de physique expérimentale.* Paris. 2 Vol. 8.
*JAC. F. MALER (1714—64) Physik oder Naturlehre. Karlsr. 8.
*WENZ. JOH. GUST. KARSTEN (1732—87) Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Greifsw. 1767—77. 8 Vol. 8.
R. HELSHAM *a course of lectures in natural philosophy; publ. by* BRYAN ROBINSON. London. 8.; ed. IV.

1768. GOTOF. GUIL. LEIBNITII (1646—1716) opera omnia collecta studio LUD. DUTENS. Genev. 6 Vol. 4.
J. F. HENNERT (1734—....) cursus mathematicus. Traj. ad Rhen. 1768—75. 6 Vol. 8.
GEO. CHRPH. SILBERSCHLAG (1721—91) Ausgesuchte Closterbergische Versuche in der Naturlehre und Mathematik. Berlin. 8.
L. EULER *Lettres à une princesse d'Allemagne sur plusieurs sujets de physique et de philosophie.* Petersburg 1768—72. 3 Vol. 8.

1769. P. v. MUSSCHENBROEK *course de physique expérimentale et mathématique; trad. par* SIGAUD DE LA FOND. Leyde. 3 Vol. 4. et 1 Vol. tables.
*L. EULER Briefe an eine deutsche Princessin üb. verschied. Gegenstände der Physik. Leipz. 3 Vol. 8.
CP. AND. MANGOLD (1719—67) Opusc. med. phys. coll. et ed. E. GF. BALDINGER. Altenb. 8.

1770. *NOLLET *L'art des expériences.* Paris. 3 Vol. 8.; ed. II.
Id. Dasselbe Werk. Amsterd. ....
J. A. SEGNER Einleitung in die Naturlehre. Gött. 8.; ed. III.
GUYOT *Nouvelles récréations physiques et math.* Paris 1770—77. 7 Vol. 8.
L. EULER *Lettres à une princesse cet.* Mitau 1770—74. 3 Vol. 8.
J. H. S. FORMEY *Abrégé de physique.* Berl. 2 Vol. 8.

1771. J. Ant. Nollet Kunst, physikalische Versuche anzustellen. Leipz. 3 Vol. 8.
S. de la Fond *Leçons de phys. expér.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. II.
Abr. Gotth. Kästner (1719—1800) dissertationes mathematicae et physicae. Altenb. 4.

1772. Para du Phanjas *théorie des êtres sensibles ou cours complet de physique.* Paris. 5 Vol. 8.
Guyot Neue physik. und mathem. Belustigungen. Augsb. 1772—77. 7 Vol. 8.
J. Chr. Polyk. Erxleben (1744—77) Anfangsgründe der Naturlehre. Götting. 8.

1773. *L. Euler Briefe an eine deutsche Princessin u. s. w. Leipz. 1775—80. 3 Vol. 8.; ed. II.
Die Natur der Dinge nach einer neuen Theorie erklärt oder allgemeine Physik. Hannover. 8.
Beiträge zur allgemeinen Naturlehre. Erfurt. 4.

1774. S. de la Fond Vorlesungen über Experimentalphysik. Dresden. 2 Vol. 8.
Tob. Mayeri (1723—61) opera inedita; ed. et observationum appendicem adjecit Geo. Chph. Lichtenberg. Gott. 4.
Ad. Albr. Hamberger (1737—78) Allgemeine Experimentalnaturlehre. Jena. 8.
Joh. Dan. Titius (1729—96) Physicae dogmaticae elementa. Witteb. 8.
Frisius Cosmographia physica et mathematica. Mediolani 1774. 75. 2 Vol. 4.
J. P. Eberhard Erste Gründe der Naturlehre. Halle. 8.; ed. IV.
J. Priestley (1733—1804) *experiments and observations on different kinds of air.* London. 8.
Ant. Fr. Lavoisier (1743—94) *Opuscules physiques et chymiques.* Paris. 2 Vol. 8.
G. Galilei Opere. Padova. 4 Vol. ....
G. J. s'Gravesande *Oeuvres philosophiques et mathématiques; rassemblées et publ. par* J. N. S. Allamand. Amsterd. 2 Vol. 4.

1775. *S. de la Fond *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale.* Paris. 2 Vol. 8.
Joh. Jac. Ebert (1737—1805) Kurze Unterweisung und Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 8.
*Joh. Lor. Boeckmann (1741—1802) Naturlehre oder die gänzlich umgearbeitete Maler'sche Physik. Carlsr. 8.
J. Sénébier (1742—1809) *l'art d'observer.* Genève. 2 Vol. 8.
*J. Priestley *Experim. and observ. cet.* London 1775. 76. 3 Vol. 8.; ed. II.
J. F. Cartheuser (1704—77) dissertationes selectiores phys.-chym. Francf. a. O. 8.
J. B. Horvath Physica generalis. Aug. Vind. 8.

1776. James Ferguson (1710—76) *Lectures on select subjects.* ......
Goldsmith *Experimental philosophy.* Lond. 2 Vol. ....
J. Sennebier Kunst zu beobachten; a. d. Franz. von J. F. Gmelin. Leipz. 2 Vol. 8.
*J. J. Ebert Naturlehre f. d. Jugend. Leipz. 1776—78. 3 Vol. 8.
L. Cp. Schmahling (1725—1804) Erläuterte Naturlehre. Halle. 8.

1777. S. de la Fond *Élémens de physique théorique et expérimentale.* Paris. 4 Vol. 8.
Abbé Sauri(y) (1741—....) *Cours de physique expérimentale et théorique.* Paris. 4 Vol. 12.
J. Chr. Pol. Erxleben Anfangsgründe d. Naturl. Gött. 8.; ed. II.
J. Newton *mathematical principles of nat. phil.; transl. by* R. Thorp. London. 4.

1778. Matth. Gabler Naturlehre. München. 4 Vol. 8.
Priestley Versuche u. Beob. üb. versch. Arten d. Luft; übers. Wien u. Leipz. 1778—80. 3 Vol. 8.
L. Euler *Lettres à une princesse cet.* Bern. 3 Vol. 8.

1779. *Is. Newtoni opera quae exstant omnia; commentariis illustrabat Sam. Horsley. London 1779—85. 5 Vol. 4.
Matth. Pankl Compendium institutionum physicarum in usum auditorum. Presb. 3 Vol. 8.
*Torb. Bergmann (1735—84) Opuscula physica et chemica. Holm., Upsal., Aboae, Lips. 1779—90. 6 Vol. 8.; ed. II. Vol. 4—6 ed. Ern. Bern. Gottl. Hebenstreit (....—1803).
J. And. de Luc (1727—1817) *Lettres physiques.* La Haye. 4 Vol. ....
*J. Priestley *Experiments and observations relating to various branches of natural philosophy.* Lond. and Birmingh. 1779—86. 3 Vol. 8.
J. A. Weber (1741—92) Fragmente von der Physik. Tübingen. ....
Et. Barruel *La physique réduite en tableaux raisonnés.* Paris. 4.

1780. J. NEWTON phil. nat. princ. math.; illustrata commentationibus potissimum JOANNIS TESSANEC et quibusdam in locis veterioribus TH. LE SUEUR et FR. JACQUIER aliter propositis. Pragae 1780. 83. 2 Vol. 4.
* W. J. G. KARSTEN Anfangsgründe der Naturlehre. Halle. 8.
T. BERGMANN *Opuscules physiques et chimiques; trad. par* DE MORVEAU. Dijon. 2 Vol. 8.
L'Abbé SAURY *Précis de physique.* Paris. 2 Vol. 12.
FEL. FONTANA (1735—1803) disquisitiones physico-mathematicae. Paviae. 4.
ET. CLAUD. DE MARIVEZ (1728—94) et L. J. GOUSSIER (1722—99) *physique du monde.* Paris 1780—87. 5 Vol. 4.
J. PRIESTLEY Vers. und Beob. üb. verschiedene Theile der Naturlehre, nebst fortgesetzten Beobacht. üb. d. Luft; a. d. Engl. Leipz. 8.
FRANZ C. ACHARD (1754—1821) Chymisch-physische Schriften. Berlin. 8.
* CHR. E. WÜNSCH (1744—1828) Kosmologische Unterhaltungen f. d. Jugend. Leipz. 3 Vol. 8.
J. H. HELMUTH (1732—....) Volksnaturlehre zur Dämpfung des Aberglaubens. Braunschw. 8.
* J. J. EBERT Unterweisung in den Anfangsgründen der Naturlehre. Leipz. 8.
J. F. MARTINET Kleiner Katechismus d. Natur; a. d. Holl. von J. J. EBERT. Leipz. 8.

1781. BENJ. MARTIN *natural philosophy.* ......
MARS. LANDRIANI *Opuscoli fisico-chimici.* Milano. 8.
* W. J. G. KARSTEN Auszug aus den Anfangsgründen u. dem Lehrbegriffe. Greifsw. 8.
C. G. ATZES Naturlehre für Frauenzimmer. Bresl. 8.
* A. A. HAMBERGER Experimental-Naturlehre. Jena. 8.

1782. J. ELLIOT (....—1786) *Elements of the branches of natural philosophy* ..... London. 8.
L. J. D. SUCKOW Entwurf einer Naturlehre. Jena. 8.; ed. II.
W. NICHOLSON (175.—1815) *introduction to natural philosophy.* London. 2 Vol. 8.
JOH. INGEN-HOUSZ (1730—99) Vermischte Schriften physisch-medic. Inhalts; übers. u. hsgeg. von N. C. MOLITOR. Wien. 8.
J. D. TITIUS Physicae experimentalis elementa. Lips. 8.
GEO. SIM. KLÜGEL (1739—1812) Encyklopädie. Berlin u. Stett. 2 Vol. 8.
* BERNH. GEM. DE LA CEPÈDE (1756—1825) *Physique générale et particulière.* Paris 1782—84. 2 Vol. 8.
* W. J. G. KARSTEN Lehrbegriff d. ges. Mathematik. Greifsw. 1782—95. 6 Vol. 8.; und Leipz. 1818 Bd. 7, hsgeg. von C. B. MOLLWEIDE (1774—1825); ed. II.

1783. FEL. FONTANA *Opuscoli scientifici* .... Flor. ....
NOLLET *Leçons de physique.* ... 1783—86. 6 Vol. 12.; ed. III (?).
* W. J. G. KARSTEN Anleitung zur gemeinnützigen Kenntniss der Natur. Halle. 8.
LAVOISIER Physische u. chemische Schriften. Greifsw. 1783—85. 3 Vol. 8.; übers. von CHR. EHR. WEIGEL. Ibid. 1792. 93. Vol. 4 u. 5 übers. v. H. F. LINK.
C. B. FUNKE Natürliche Magie. Leipz. ....
J. S. HALLEN Magie in Versuchen. Berlin. 4 Vol. ....
* RICH. KIRWAN (....—1812) Physisch-chemische Schriften; übers. von D. LOR. CRELL. Berl. u. Stett. 1783—1801. 5 Vol. 8.
CH. G. KRATZENSTEIN Vorlesungen üb. die Experimentalphysik. Kopenh. 8.; ed. V.
CHRPH. FR. PARROT (1751—....) *Recueil de diverses pièces choisies où l'on traite de la physique cet.* Erlangen 1783. 84. 2 Vol. 8.

1784. A. A. HAMBERGER Allgemeine Experimentalnaturlehre. Jena. 8.; ed. II (?).
* J. ELLIOT Anfangsgründe derjenigen Theile der Naturlehre, welche mit der Arzneiwissenschaft in Verbindung stehen; a. d. Engl. v. A. W. BERTRAM. Leipz. 8.
J. CHR. POL. ERXLEBEN Anfangsgr. d. Naturl.; mit Verbesserungen u. vielen Zusätzen von LICHTENBERG. Gött. 8.; ed. III.
FEL. FONTANA *opuscules physiques et chymiques; trad. de l'Italien par* GIBELIN. Paris. 8.
J. INGEN-HOUSZ Vermischte Schriften phys.-medic. Inhalts; übers. u. hsgeg. von N. C. MOLITOR. Wien. 2 Vol. 8.; ed. II.
S. C. HOLLMANNI sylloge altera dissert. Gött. 4.
* F. C. ACHARD Sammlung physikalischer u. chymischer Abhandlungen. Berlin. 8.

1785. * JOH. BECKMANN (1739—1811) Grundriss zu Vorlesungen üb. d. Naturlehre. Gött. 8.; ed. II.
* W. J. G. KARSTEN Kurzer Entwurf d. Naturwissenschaft. Halle. 8.

1785. G. ROTHE Begriff d. Naturlehre. Breslau. 8.
ANT. BRUCHHAUSEN Institutionum physicarum. T. 1. 2. edit. emend. Monast. 1785. T. 3. physicam adplicatam continens. Ibid. 1787. 3 Vol. 8.
R. J. BOSCOVICH Opera omnia. 5 Vol. 4.
J. G. HOFFMANN Unterricht von natürlichen Dingen. Halle. 8.; ed. VIII.
S. DE LA FOND *Description et usage d'un cabinet de phys. expér.; éd. II. rev. par* ROULAND. Paris. 2 Vol. 8.
JACQ. LOUIS SCHURER (....—1792) *Élémens de physique en forme de tables*. Strasb. 8.

1786. J. H. VAN SWINDEN (....—1822) Positiones physicae. Harderovici Gelv. 1786. 87. 2 Vol. 8.
BLAS. MERREM (1761—1824) Kurzer Entwurf d. Naturl. f. meine Zuhörer. Duisb. 8.
JOH. G. TRALLES Physikalisches Taschenbuch. Gött. ...
PARA DU PHANJAS *Théorie des nouvelles découvertes en physique etc.* Paris. 8.
HUTTON *mathematical and philosophical tracts.* London. 4.
F. GL. BUSSE (1756—1835) Kleine Beiträge zur Physik u. Chemie. Leipz. 8.
* W. J. G. KARSTEN Physisch-chemische Abhandlungen. Halle. 8.
ph. IM. KANT (1724—1804) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissensch. Riga 1786. 87. 8.

1787. J. P. EBERHARD Erste Gründe der Naturlehre. Halle. 8.; ed. V.
* S. DE LA FOND *Élémens de phys. théor. et expér.* Paris; éd. II. rev. par ROULAND. 4 Vol. 8.
L. EULER *Lettres à une princesse cet.; éd. II. avec des additions par* DE CONDORCET *et* DE LACROIX. Paris 1787—89. 3 Vol. 8.
* J. C. P. ERXLEBEN Anfgsgr. d. Naturl.; hsgeg. von LICHTENBERG. Gött. 8.; ed. IV.
* T. G. KRATZENSTEIN Vorlesungen üb. d. Experimentalphysik. Kopenh. 8.; ed. VI.
MARCUS HERZ (1747—1803) Grundlage zu meinen Vorlesungen üb. Experimentalphysik. Berlin. 8.
W. NICHOLSON Einleitung in d. Naturl.; a. d. Engl. von A. F. LÜDICKE. Leipz. 2 Vol. 8.
Id. *introd. to natural philosophy.* London. 2 Vol. 8.; ed. II (?).
* ph. J. KANT Metaphysische Anfangsgr. d. Naturw. Riga. 8.; ed. II.
SERRATI *fisica.* Flor. .....
J. J. EBERT Naturlehre f. d. Jugend. Leipz. 8.; ed. II.
PARA DU PHANJAS *Élémens de physique, ou abrégé du cours complet de physique spéculative et expérimentale.* Paris. 8.

1788. J. C. HEPPE (1745—....) Lehrbuch einer Experimentalnaturlehre f. junge Personen. Gotha. 2 Vol. 8.
* F. ALB. C. GREN (1760—98) Grundriss d. Naturl. zum Gebrauch akademischer Vorlesungen. Halle. 8.
J. CH. W. NICOLAI (1757—....) Experimentalnaturlehre für Gymnasien und höhere Lehranstalten. Bremen. 8.
CAJ. DEL RICCO *Elementa di fisica mathematica.* Flor. 8.
CAR. GUIL. SCHEELE (1742—86) opuscula chemica et physica; ed. HEBENSTREIT. Lips. 1788. 89. 2 Vol. 8.
J. H. HELMUTH Volksnaturl. zur Dämpfung des Aberglaubens. Braunschw.; ed. II.
C. FR. DIETERICH Anleitung zur gemeinnützigen Kenntniss der Natur. Erf. 8.
ph. PARA DU PHANJAS *théorie des êtres sensibles, ou cours complet de physique spéculative.* Paris. 4 Vol. 8.; ed. II.
L. COTTE *Leçons élémentaires de physique, d'hydrostatique, d'astronomie et de météorologie.* Paris. 12.

1789. J. B. HOBERT (1759—1828) Grundriss des mathem. und chemisch-mineralog. Theils der Naturlehre. Berlin. 8.
* MATH. JAC. BRISSON (1723—1806) *traité élémentaire ou principes de physique.* Paris. 3 Vol. 8.
J. INGEN-HOUSZ *Nouvelles expériences* .... Paris. ....
J. T. WIEGLEB (1732—1800) Natürliche Magie; neueste Aufl. des 1sten Theils mit ROSENTHAL's Fortsetzung. Berlin. 3 Vol. 8.
* J. J. EBERT Unterweisung in den Anfangsgründen d. Naturl. Leipz. 8.; ed. III.
G. S. KLÜGEL Die gemeinnützigen Vernunftkenntnisse, od. Anleit. zu einer verständigen Betrachtung der Welt. Berlin. 8.

1789. Ant. Fr. de Fourcroy (1754—1809) Handb. der Naturgesch. u. Chemie; a. d. Franz. von Ph. Loos; mit erläut. Anmerk. u. Vorrede von J. Ch. Wiegleb. Erf. 1789—91. 4 Vol. 8.
Jos. Weber (1753—1831) Vorlesungen a. d. Naturlehre. Dill. 8.
Ant. Libes (1760—1832) physicae conjecturalis elementa. Tolosae. 12.

1790. J. C. P. Erxleben Begyndelse af naturlaeren af Olufsen. Kjöb. 8.
* W. J. G. Karsten Anfangsgründe der Naturl.; hsgeg. von F. A. C. Gren. Halle. 8.; ed. II.
F. Fontana disquisitiones physico-mathematicae. Paviae. 4.; ed. II.
Ch. Schulz Handb. der Physik für diejenigen, welche Freunde der Natur sind. Leipz. 1790—93. 6 Vol. 4.
G. A. Daezel (1752—....) Lehrbegriff der gesammten neuesten Naturlehre. München. 8.
J. B. Horvath Elementa physica. Ofen 1790. 91. 4.
J. Ferguson *Lectures on select subjects etc.* London. 8.; ed. VII.
W. Nicholson *An introduction to nat. philos.* Lond. 2 Vol. 8.; ed. III.
A. Bruchhausen Physik, deutsch m. Zus. von Jos. Bergmann (1736—1803). Mainz. 2 Vol. 8.
J. Priestley *Exper. and obs. relating to various branches etc.* London. 3 Vol. 8.; ed. II.
J. S. Hallen's Magie in Versuchen und fortgesetzte Magie. Berlin. 7 Vol. 8..
* W. J. G. Karsten Auszug aus den Anfangsgründen etc. Greifsw. 2 Vol. 8.; ed. III.
J. G. Hoffmann Unterricht von natürl. Dingen; hsgeg. v. J. Ch. Nicolai. Halle. 8.; ed. IX.
J. H. Helmuth Gemeinnützige Unterhaltungen üb. versch. Gegenst. a. d. Naturk. Braunschw. 8.
P. F. Catel Mathem. u. physikal. Kunstkabinet. Berlin 1790—93. 2 Hfte. 8.

1791. * J. C. P. Erxleben Anfangsgr. d. Naturl.; m. Zus. von G. C. Lichtenberg. Gött. 8.; ed. V.
* F. A. Achard Vorlesungen üb. Experimentalphysik. Berlin. 4 Vol. 8.
J. G. W. Mayer Naturlehre f. d. Jugend. Nürnberg. 8.
Ciecàr Maquinas y Maniobras *physica.* Madrid. Fol.
Ch. E. Wünsch Kosmologische Unterhaltungen. Leipz. 1791—98. 4 Vol. 8.; ed. II.
K. A. Bischoff (1762—1814) Kurzer Lehrbegriff kosmolog. u. anthropolog. Wissensch. Nürnb. 8.
Ant. Ambschell Anfangsgr. d. allgem. auf Erschein. u. Versuche gegründ. Naturl. Wien 1791—93. 8.

1792. L. Euler Briefe an eine deutsche Princessin u. s. w.; mit Zus. von Kries. Leipz. 3 Vol. 8.
J. A. Schmerler (1765—94) Vorlesungen üb. d. Naturl. Nürnb. 8.
* G. S. Klügel Anfangsgr. d. Naturl. in Verbindung mit Chemie u. Mineralogie. Berlin u. Stettin. 8. (auch in dessen Encyklopädie Thl. II.).
P. Max Imhof (1758—1817) Epitome institutionum physices et mathes. appl. Münster. 8.
G. Hutton *dissertations on different subjects in natural philosophy.* Edinb. 4.
J. Gli. Geissler (1753—....) Beschreibung der neuesten Instrumente u. s. w. Zittau 1792—97. 3 Vol. 8.
Macgregor *complete treatise on practical mathematics.* .... 8.
S. de la Fond *physique particulière.* Paris. 12.
J. H. Helmuth Volksnaturlehre u. s. w. Braunschw. 8.; ed. III.

1793. M. Pankl Compendium institutionum physicarum in usum auditorum. Posonii. 3 Vol. 8.; ed. II.
F. A. C. Gren Grundr. d. Naturl. Halle. 8.; ed. II.
* J. Mich. Hube (1737—1807) Vollständiger u. fasslicher Unterricht in der Naturlehre. In einer Reihe von Briefen an einen Herren von Stande. Leipz. 1793. 94. 4 Vol. 8.
J. Weber Vorlesungen aus d. Naturlehre. Landsh. 8.
J. B. Horvath elementa physica. Ofen. 4.; ed. III.
S. Vince *A plan of a course of lectures on the principles of natural philosophy.* Lond. 8.
G. Gli. Schmidt (1768—1837) Sammlung physisch-mathematischer Abhandlungen. Giessen. 8.

1793. Bl. Merrem Systematische Anfangsgründe der Mathem., Physik u. Naturgesch. Duisb. 1793—96. 2 Vol. 8.
J. J. Ebert Naturlehre f. d. Jugend. Leipz. 3 Vol. 8.; ed. III.
G. S. Klügel Die gemeinnützigen Vernunftkenntnisse u. s. w. Berlin. 8.; ed. II.
H. L. Fischer Naturlehre zur Dämpfung des Aberglaubens. Hamb. u. Kiel. 8.

1794. * J. C. P. Erxleben Anfangsgr. d. Naturl.; mit Verb. u. viel. Zus. v. G. C. Lichtenberg. Gött. 8.; ed. VI.
P. M. Imhof Grundriss der öffentlichen Vorlesungen üb. Experimentalnaturlehre. München 1794. 95. 2 Vol. 8.
Ad. W. v. Hauch (1756—1838) Begyndelses Grunde til Naturlären. Kjöb. 8.
* George Adams (1750 — 95) *Lectures on natural and experimental philosophy.* London. 5 Vol. 8.

1795. L. Euler *Letters to a German Princess cet.* London. 2 Vol. 8.
* A. W. Hauch Anfangsgründe d. Naturl.; a. d. Dän. übers. v. Joh. Clem. Tode. Kopenh. u. Leipz. 2 Vol. 8.
* Id. Dasselbe Werk übers. von Tobiesen. Schleswig. 2 Vol. 8.
Rich. Jos. Sullivan Uebersicht der Natur in Briefen an einen Reisenden; a. d. Engl. Leipz. 1795. 96. 2 Vol. 8.
* Heinr. Fried. Link (1767—1851) Beiträge zur Physik u. Chemie. Rost. u. Leipz. 1795. 97. 3 St. 8.
Anderson *institutes of physics.* Glasgow. ....
* J. Ingenhousz Miscellanea phys. med.; ed. J. Andr. Scherer. Wien. 8.
Benno Michl Naturlehre f. d. Jugend. Layb. 8.
ph. Lamark (1744—1829) *Recherches sur les causes des princip. faits physiques.* Paris. 2 Vol. 8.

1796. * S. de la Fond *Description et usage d'un cabinet de phys. expér.; éd. III. rev. par* Rouland. Tours. 2 Vol. 8.
G. Gregory *Economy of nature.* London. 3 Vol. 8.
Jul. Cr. Yelin (1771—1826) Lehrbuch der Naturlehre. Ansbach. 8.
* J. W. And. Kosmann (1761—1804) Des Herren Pinotti de Merci physikalische Belustigungen. Berlin. 8.
K. A. Bischoff Kurzer Lehrbegriff kosmolog. u. anthropol. Wissensch. Nürnb. 8.; ed. II.
A. Libes *Leçons de physique-chimique ou application de la chimie moderne à la physique.* Paris. 8.

1797. J. K. Fischer (1760—1833) Anfangsgründe der Physik in ihrem mathematischen und chemischen Theile nach den neuesten Entdeckungen. Jena. 8.
C. Ph. Funcke (175.—1807) Handbuch d. Physik für Schullehrer und Freunde dieser Wissenschaft. Braunschw. 8.
* F. A. C. Gren Grundriss d. Naturlehre zum Gebrauch akademischer Vorlesungen. Halle. 8.; ed. III.
P. M. Imhof Institutiones physicae quas in usum auditorum suorum elucubravit. Mon. 8.
J. C. W. Nicolai Experimentalnaturlehre f. Gymnasien etc. Leipz. 8.; ed. II.
* J. Gli. F. Schrader (1763—....) Grundriss d. Experimentalnaturl. Hamburg. 8.
* J. K. Ph. Grimm (1768—1813) Handbuch der Physik. Breslau 1797—1800. 3 Vol. 8.
* Ghd. U. Ant. Vieth (1763—1836) Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 8.
ph. F. W. Jos. Schelling (1775—1854) Ideen zu einer Philosophie der Natur. Leipz. 2 Vol. 8.
L'Abbé Saury *Cours complet de philosophie à l'usage des jeunes gens du monde, contenant la logique, la métaphysique, la morale et la physique.* Paris. 8 Vol. 12.; éd. nouv.
Matth. Jacq. Brisson (1723—1806) *Traité élémentaire ou principes de physique.* Paris. 3 Vol. 8.; ed. II.

1798. G. Gregory Haushaltung der Natur, dargestellt nach den neueren Entdeckungen u. Versuchen; a. d. Engl. von Kühn, hsgeg. von C. F. Michaelis. Nürnb. 1798. 1800. 2 Vol. 8.
* H. F. Link Grundriss der Physik für Vorlesungen. Hamb. 8.
* G. Adams Vorlesungen üb. Experimentalphysik nach ihrem gegenwärtigen Zustande; a. d. Engl. von Geissler. Leipz. 1798. 99. 2 Vol. 8.
Leeuwenhoek's *select works.* London. 4 Vol. 4.
Et. Barruel *physique en tableaux.* Paris. 4.

1798. ph. LAZ. BENDAVID (1769—....) Vorlesungen üb. die metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissensch. Wien 1798. 8.

ph. F. W. J. SCHELLING Von der Weltseele; eine Hypothese der höheren Physik. Hamburg. 8.

1799. PT. SIM. LAPLACE (1749—1827) *traité de mécanique céleste.* Paris. 4 Vol. 4.

ENFIELD *natural philosophy.* London. 4.; II edit.

WALKER *Familiar philosophy.* London. 4.

*ph. F. W. J. SCHELLING Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie. Jena. 8.

*ph. Id. Ueb. die Begründung der speculativen Physik und die innere Organisation eines Systems dieser Wissenschaft. Jena. 8.

1800. J. K. PH. GRIMM Grundriss der Experimentalphysik. Breslau. 8.

Id. Supplemente, od. Repert. der neuesten Fortschritte in d. Physik. Bresl. 1800—5. 4 St. 8.

CH. H. PFAFF (1774—1851) Aphorismen üb. die Eperimentalphysik. Kopenh. 8.

ADF. F. HÖPFNER (....—1806) Der kleine Physiker, od. Unterhaltungen üb. natürl. Dinge. Erf. 1800—6. 6 Vol. 8.

TIB. CAVALLO (....—1809) *Elements of natural philosophy.* London. 4 Vol. 8.

BJ. THOMPS. Graf RUMFORD (1753—1814) *Essays.* London 1800—12. 3 Vol. 8.

GUYOT *Récréations physiques et mathématiques etc.* Paris. 3 Vol. 8.; éd. IV.

L. DESPIAN *Choix d'amusements physiques et mathématiques.* Londres. 2 Vol. 12.

JACOTOT (1755—1821) *Cours de physique expérimentale et de chimie.* Paris. 2 Vol. 8. et atlas en 4.

J. G. BÜSCH (1728—1800) Mathematik zum Nützen. Hamb. 2 Vol. 8.

*ph. J. KANT Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Leipz. 8.; ed. III.

ph. F. W. J. SCHELLING Zeitschrift und neue Zeitschrift für speculative Physik. Jena u. Tübing. 1800—3. 3 Vol. 8.

1801. *F. A. C. GREN Grundriss d. Naturlehre zum Gebrauch akad. Vorlesungen; ed. IV. von D. L. G. KARSTEN (1768—1810). Halle. 8.

*M. HUBE Vollständiger u. fasslicher Unterr. in d. Naturlehre. Leipz. 4 Vol. 8.; ed. II.

E. F. WREDE (....—1815) Kurzer Entwurf der Naturwissensch. f. den ersten systematischen Unterricht. Berlin. 2 Vol. 8.

*G. G. SCHMIDT Handbuch d. Naturlehre. Giessen u. Darmst. 1801—3. 2 Vol. 8.

FR. KRIES (1768—1849) Naturlehre. Gotha. 8.

G. U. A. VIETH Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 8.; ed. II.

J. TOB. MAYER (1752—1830) Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 8.

Catalogus eines Universal-Museums von physikalischen Instrumenten. Ulm. 4.

L. DESPIAU *Select amusements in philosophy and mathematics; from the French by* GEO. HUTTON. London. 8.

A. LIBES *traité élémentaire de physique.* Paris. 3 Vol. 8.

J. B. P. LAMARCK *Recherches sur les causes des principaux faits physiques.* Paris. 2 Vol. 8.

JOS. BALTH. BÉRARD (1763—....) *Mélanges physico-mathématiques.* Paris. 8.

1802. RODIG Naturlehre. Leipz. 8.

*A. LIBES Anfangsgr. d. Physik; übers. von J. F. DROYSEN. Jena. 2 Vol. 8.

W. J. G. KARSTEN Auszug aus den Anfangsgründen etc. Leipz. 2 Vol. 8.; ed. IV.

ph. J. CHR. ÖRSTED (1777—1851) Ideen zu einer neuen Architektonik d. Naturmetaphysik; hsgeg. von MR. H. MENDEL. Berlin. 8.

THOM. YOUNG (1773—1829) *Syllabus of a course of lectures on natural and experimental philosophy.* London. 8.

RUMFORD *Philosophical papers.* London. ....

J. NEWTON *Mathematical princ. of nat. phil. transl. by* R. THORP. Lond. 4.; ed. II.

L. EULER *Letters to a German Princess cet.* London. 2 Vol. 8.; ed. II.

1803. J. K. PH. GRIMM Das Wissenswürdigste aus der Physik. Liegnitz u. Leipz. 8.

*J. H. HELMUTH Volksnaturlehre etc. Braunschweig. 8.; ed. V.

J. J. EBERT Kurze Unterweis. in d. Anf. der Naturl. Leipz. 8.; ed. IV.

ph. J. SM. BJ. NEUMANN Ueb. die Natur der Dinge; ein astron., chem., physik. u. philos. Versuch. Berlin. 8.

ph. F. W. J. SCHELLING Ideen zu einer Philosophie der Natur. Leipz. 8.

ph. F. BOUTERWECK (1766—1828) Anleitung zur Philosophie der Naturwissenschaft. Gött. 8.

ph. J. JAC. WAGNER (1775—1841) Von der Natur der Dinge. Leipz. 8.

J. IMISSON (....—1788) *Elements of science and arts.* 2 Vol. 8.

1803. KETT *elements of knowledge*. Oxford. 2 Vol. 8.
HUTTON *Recreations*. ...... 4 Vol.
J. NEWTON *Mathem. princ. of nat. phil. transl. by* A. MOTTE, *with add. by* W. DAVIS. London. 3 Vol. 8.
* R. J. HAUY (1742—1822) *traité élémentaire de physique*. Paris. 2 Vol. 8.
M. J. BRISSON *traité élémentaire ou principes de physique*. Paris. 3 Vol. 8.; ed. IV.

1804. M. IMHOF Anleitung zur Naturlehre; a. d. Lat. von J. G. PRÄNDEL. Amb. 8.
* J. G. F. SCHRADER Grundr. der Experimentalnaturlehre; ed. II. von L. W. GILBERT. Hamb. 8.
T. CAVALLO Ausführliches Handbuch der Experimentalnaturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen; übers. m. Anm. v. J. B. TROMMSDORFF. Erf. 1804—6. 4 Vol. 8.
* R. J. HAUY Anfangsgründe der Physik; a. d. Franz. von S. WEISS. Leipz. 1804. 5. 2 Vol. 8.
Id. Dasselbe Werk übers. v. BLUMHOF. Weimar. 2 Vol. 8.
LONG. ANT. JUNGNITZ (1764—1831) Grundriss der Naturlehre. Breslau 1804. 5. 3 Vol. 8.
ph. * ERNST DAN. AUG. BARTELS (1774—183.) Grundlinien einer neuen Theorie der Chemie u. Physik. Hannover. 8.
F. KRIES Lehrbuch der Naturlehre für Anfänger. Gotha. 8.
C. PH. FUNKE Handbuch für die Physik; ed. II. von J. H. GLO. FRICKE. Braunschw. 2 Vol. 8.
J. G. REYHER (1757—1807) Entwurf einer Naturlehre für Landschullehrer. Hamb. 8.
ph. K. CHR. F. KRAUSE (1781—1832) Anleitung zur Naturphilosophie. Jena. 8.
BENNO MICHL Naturlehre f. d. Jugend. Straub. 8.; ed. II.
G. GREGORY *economy of nature*. London. 3 Vol. 8.; ed. III.

1805. K. W. BOECKMANN (1773—1821) Entwurf eines Leitfadens zum Gebrauch bei Vorlesungen üb. d. Naturlehre. Carlsr. 8.
* E. GF. FISCHER (1754—1831) Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. Berl. u. Leipz. 8.
* RUMFORD Physikalische Abhandl.; a. d. Franz. Weimar. 8.
THADD. SIBER (1774—1854) Anfangsgründe der Physik u. angewandten Mathem. Landsh. 8.
ph. JOS. v. WEBER Lehrb. d. Naturwissenschaft. Landsh. 1805—8. 4 Hfte. 8.
B. MICHL Naturlehre f. d. Jugend. Straub. 8.; ed. III.
J. T. MAYER Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 8.; ed. II.
Id. Lehrbuch über die phys. Astronomie, Theorie der Erde u. Meteorologie. Gött. 8.
ph. K. JOS. HIER. WINDISCHMANN (1775—1839) Ideen zur Physik. Würzb. u. Bamb. 8.
J. B. PUJOULX. *Leçons de physique*. Paris. 8.
P. JACOTOT *Élémens de physique expérimentale cet*. Paris. 2 Vol. 8. et 1 Vol. 4.; ed. II.

1806. F. W. DN. SNELL (1763—1827) Anfangsgründe der Naturlehre zum Gebrauch für Schulen. Giessen. 2 Vol. 8.
* FR. KRIES Lehrbuch der Physik für gelehrte Schulen. Jena. 8.
* G. S. KLÜGEL Anfangsgründe der Naturlehre. Berlin. 8.; ed. II.
G. U. A. VIETH Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 8.; ed. III.
ph. F. W. J. SCHELLING Von der Weltseele. Hamburg. 8.; ed. II.
ph. Id. Ueber das Verhältniss des Realen u. Idealen in der Natur. Hamb. 8.
ph. GHF. H. v. SCHUBERT (1780—184.) Ahndungen einer allgemeinen Geschichte des Lebens. Leipz. 1806—20. 2 Vol. 8.
ph. H. F. LINK Ueb. Naturphilosophie. Leipz. u. Rost. 8.
M. BRYAN *Lectures on natural philosophy, being the result of many years practical experience*. .... 4.
R. J. HAUY *Traité élémentaire de physique*. Paris. 2 Vol. 8.; ed. II.
E. G. FISCHER *Cours de physique mécanique; trad. p.* BIOT. Paris. 8.
ET. BARRUEL *Tableaux de physique cet*. Paris. 4.; ed. II.
C. J. LE PRIOL *Introduction à la physique*. Strasbourg. 8.

1807. CP. BERNOULLI (1782—....) Grundzüge der Experimentalphysik, od. method. Leitfaden für den ersten physik. Unterricht auf Schulen. Halle. 8.
G. FR. HILDEBRANDT (1764—....) Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre. Erlang. 2 Vol. 8.
A. AMBSCHELL Elementa physicae a phaenomenis etc. Wien. 6 Vol. 8.
F. W. D. SNELL Leichtes Lehrbuch der Physik für Schulen. Giessen. 8.

1807. ph. H. STEFFENS (1773—1845) Grundsätze der philos. Naturwissensch. Berlin. 8.
*TH. YOUNG *A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts.* London. 2 Vol. 4.

1808. F. A. C. GREN-Grundriss d. Naturlehre; ed. V. von E. G. FISCHER. Halle. 8.
*FR. KRIES Lehrbuch der Naturlehre für Anfänger. Gotha. 8.; ed. II.
JOS. PH. NEUMANN Compendiaria physices institutio. Gracii. 2 Vol. 8.
*CH. F. CALLISEN (1777—183.) Kurzer Abriss des Wissenswürdigsten aus den Naturwissensch. Altona. Fol.
K. A. BISCHOF Kurzer Lehrbegriff kosmolog. u. anthropol. Wissensch. Nürnb. 8.; ed. III.
F. W. D. SNELL Leichtes Lehrbuch d. Physik. Giessen. 8.; ed. II.
ph. F. W. J. SCHELLING Von der Weltseele. Hamburg. 8.; ed. III.
ph. G. H. SCHUBERT Ansichten von der Nachtseite d. Naturwissenschaften. Dresden. 8.
IMISON *Elements of science and arts; ed. II. by* WEBSTER. London. 2 Vol. 8.
MATTHEW YOUNG *Analysis of the principles of natural philosophy.* Dublin. 8.
LAPLACE *System of the world; transl. by* POND. ....
Id. *Exposition du système du monde.* Paris. 4.; ed. III.
GALILEO GALILEI *Opere.* Milano. 13 Vol. 8.

1809. J. H. MR. POPPE (1776—1854) Handbuch der Experimentalphysik. Hannover. 8.
K. W. GLO. KASTNER (177.—....) Grundriss der Experimentalphysik. Heidelb. 2 Vol. 8.
G. F. PARROT (1767—1852) Grundriss der theoretischen Physik zum Gebrauche für Vorles. Riga u. Leipz. 1809—15. 3 Vol. 8.
CHR. E. WÜNSCH Beleuchtung einiger in die Naturlehre überflüssig eingeführter Stoffe u. Kräfte. Frankf. 8.
J. G. HOFFMANN Unterr. v. natürl. Dingen; hsgeg. von J. C. W. NICOLAI. Halle. 8.; ed. XVI.
ph. LR. OKEN (1782—1851) Lehrbuch der Naturphilosophie. Jena 1809—11. 3 Vol. 8.
ph. W. NASSE (1780—....) Ueb. Naturphilosophie in Bezug auf Physik u. Chemie. Freyberg. 8.
J. N. P. HACHETTE (1779—1834) *Programme d'un cours de physique.* .... 8.
*H. C. ØRSTED Videnskaben om Naturens almindelige Love. Kjøbenhavn. 8.; ed. II.

1810. F. W. D. SNELL Anfangsgründe der Naturlehre. Giessen. 2 Vol. 8.
FR. V. PAULA GRUITHUISEN (1774—1851) Die Naturgeschichte im Kreise der Ursachen u. Wirkungen oder die Physik historisch bearbeitet. München. 8.
J. H. HELMUTH Volksnaturlehre etc. Braunschw. 8.; ed. VI.
GUYOT *Nouvelles récréations physiques et mathématiques.* Paris. 3 Vol. 8.

1811 GLI. GAMAUF (1772—1841) Erinnerungen aus LICHTENBERG's Vorlesungen üb. ERXLEBEN's Anfangsgründe der Naturlehre. Wien 1811. 12. 3 Vol. 8.
CHRPH. BERNOULLI Grundzüge d. Experimentalphysik etc. Halle. 8.; ed. II.
J. H. M. POPPE Der physikal. Jugendfreund. Frankf. 1811. 12. 8.
BTHS. G. SAGE (1740—1824) *Institutions de physique.* Paris 1811. 12. 4 Vol. 8.

1812 J. T. MAYER Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 8.; ed. III.
J. GLO. G. SÜSKIND (1773—....) Handbuch der Naturlehre, enthaltend das Wissenswürdigste u. Gemeinnützigste aus derselben. Stuttg. 8.
*JOH. LEONH. SPÄTH (1759—1842) Statik u. Dynamik der Physik. Nürnb. 1812. 13. 2 Vol. 8.
J. DALTON Ein neues System des chem. Theils der Naturwissensch.; a. d. Engl. von F. WOLFF. Berlin. 8.
E. G. FISCHER *Cours de physique mécanique; trad. p.* BIOT. Paris; ed. II.
*L. EULER *Lettres à une princesse d'Allemagne etc.; nouv. éd. revue et augmentée de l'Éloge d'*EULER *par* CONDORCET, *et de diverses notes par M.* LABEY. Paris. 2 Vol. 8.

1813. C. W. BOECKMANN Entwurf eines Leitfadens zum Gebr. bei Vorles. üb. die Naturlehre. Carlsr. 8.; ed. II.
G. G. SCHMIDT Handbuch der Naturlehre. Giessen. 2 Vol. 8.; ed. II.
G. ADF. SUCKOW Anfangsgründe der Physik u. Chemie nach den neuesten Entdeckungen. Augsb. 2 Vol. 8.
JAC. F. FRIES (1773—1843) Entwurf des Systems der theoretischen Physik zum Gebrauche bei seinen Vorlesungen. Heidelb. 8.
ph. J. v. SINCLAIR (1754—1836?) Versuch einer metaphysisch begründeten Physik. Frankf. a. M. 8.
B. G. SAGE *Opuscules de physique.* Paris. 8.
A. LIBES *traité complet élémentaire de physique.* Paris. 3 Vol. 8.; ed. II.

1814. * G. H. C. Lippold (1767—1841) Naturlehre für Kinder. Elberf. 8.
ph. F. Burkhard Naturphilosophische Fragmente. Zürich. 12.
John Playfair (....—1819) *Outlines of natural philosophy being heads of lectures delivered in the university of Edinburgh.* Lond. 1814. 16. 2 Vol. 8.

1815. Thdd. Siber Anfangsgründe der Physik u. angew. Mathematik. Landsh. 8.; ed. II.
ph. * V. Siebert System der Natur, nach eigenen Grundsätzen aufgestellt. Cassel. 8.
Fr. Kries Lehrbuch der Naturlehre f. Anfänger. Gotha. 8.; ed. II. ?
A. Libes *Le monde physique et le monde moral etc.* Paris. 8.

1816. Bj. Scholz (1788—1833) Anfangsgründe der Physik als Vorbereitung zum Studium der Chemie. Wien. 8.
* G. W. Muncke Physikalische Abhandlungen. Giessen. 8.
* Fr. Kries Lehrbuch der Physik. Jena. 8.; ed. II.
* Dav. Blair *A grammar of natural and experimental philosophy.* London. ...; ed. X.
F. S. Beudant (1787—1850) *Essai d'un cours élémentaire et général des sciences physiques. Partie physique.* Paris. 8.
J. B. Biot (1774—....) *Traité de physique expérimentale et mathématique.* Paris. 4 Vol. 8.
B. G. Sage *Opuscules historiques et physiques.* Paris. 8.

1817. J. B. Trommsdorff (1770—1837) Grundriss der Physik als Vorbereitung zum Studium der Chemie. Gotha. 8.
* ph. Grf. G. v. Buquoy (1781—1851) Skizzen zu einem Gesetzbuche der Natur. Leipz. 4.
ph. G. H. Schubert Ansichten von der Nachtseite der Naturwissensch. Dresden. 8.; ed. II.
ph. Gst. Fr. Wucherer Andeutungen a. d. Gebiete der höhern Physik. Freiberg. 8.
Dav. Hieron. (von) Grindel (1776—1836) Ansichten der Natur. Mitau. 8.
J. B. Biot *Précis élémentaire de physique expérimentale.* Paris. 8.
B. G. Sage *Mémoires historiques et physiques.* Paris. 8.
Guiseppo Saverio Poli *Elementa di fisica sperimentale. Ed. tratta della sesta di Napoli.* Venez. 5 Vol. 8.

1818. J. P. Neumann Lehrbuch der Physik. Wien 1818. 20. 2 Vol. 8.
G. H. E. Lippold Naturlehre für Kinder. Elberf. 8.; ed. II.
P. Prevost (1773—1825) *Deux traités de physique mécanique.* Genève et Paris. 8.
Jos. Mollet *Mécanique physique.* Avignon. 8.
B. G. Sage *Opuscules physico-chimiques.* Paris. 8.

1819. ph. J. v. Weber Physik als Wissenschaft od. die Dynamik der gesammten Natur. Landsh. 8.
* E. G. Fischer Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. Berlin. 2 Vol. 8.; ed. II.
G. W. Muncke Anfangsgründe der Naturlehre. Heidelb. 1819. 20. 2 Vol. 8.
J. B. Biot Anfangsgr. d. Erfahrungsnaturlehre; a. d. Franz. von F. Wolff. Berlin. 2 Vol. 8.
Joh. G. Hoffmann Unterricht von natürlichen Dingen; hsgeg. v. J. C. W. Nicolai. Halle. 8.; ed. XIX.
ph. D. H. v. Grindel Ansichten der Natur. Leipz. 8.; ed. II.
J. G. Melos (1770—1828) Naturlehre für Bürger- u. Volksschulen. Rudolst. 8.
Th. Siber und Th. A. Rixner Leben und Lehrmeinungen berühmter Physiker am Ende des 15ten und Anfang des 16ten Jahrh. Sulzbach 1819—26. 7 Vol. 8.
K. Egger (1772—1849) Leitfaden zu Vorlesungen üb. populäre Experimentalphysik. ......
J. Newton *Math. princ. of nat. phil. transl. by* A. Motte *with add. by* W. Davis. London. 3 Vol. 8.; ed. III.
B. G. Sage *Mélanges historiques et physiques.* Paris. 8.
E. G. Fischer *Cours de physique mécanique, trad. p.* Biot. Paris. 8.; ed. III.
G. F. Parrot *Entretiens sur la physique.* Dorpat 1819—28. 6 Vol. 8.

1820. F. A. C. Gren Grundriss der Naturlehre; ed. VI. von Kastner. Halle. 8.
J. T. Mayer Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 8.; ed. IV.
ph. J. v. Weber Physik als Wissenschaft in Sätzen. Landsh. 8.
C. W. G. Kastner Grundriss der Experimentalphysik. Heidelb. 1820. 21. 2 Vol. 8.; ed. II.
W. W. Eckerle Naturlehre mit Rücksicht auf die aus Unkunde derselben entstehenden Volksirrthümer. Heidelb. 8.
Fr. Kries Lehrb. d. Naturlehre für Anfänger. Gotha. 8.; ed. III. ?
Brand Erster Unterricht in der Naturlehre. Leipz. 8.
F. W. D. Snell Anfangsgründe d. Naturlehre. Giessen. 2 Vol. 8.; ed. II. ?
Mdme. Jane Marcet *Conversations sur la philosophie naturelle etc.* Paris et Genève. 8.

1821. Fr. Kries Lehrb. d. Physik für gelehrte Schulen. Jena. 8.; ed. III.
K. W. G. Kastner Grundzüge der Physik u. Chemie. Bonn. 8.
Thdr. Friedleben Populäre Experimentalphysik. Frankf. 1821—24. 3 Vol. 8.
J. Jos. Ign. Hoffmann Lehrbuch der allgemeinen Physik. Mainz. 8.
B. Scholz Anfangsgründe der Physik. Wien. 8.; ed. II.
ph. Jos. Weber Wissenschaft der materiellen Natur od. Dynamik der Materie. München. 8.
ph. F. Kretschmar Grundriss einer Physik des Lebens. Prag. 2 Vol. 8.
G. F. Hildebrandt Anfangsgründe der allgemeinen dynamischen Naturlehre. Erl. 2 Vol. 8.
G. H. F. Lippold Naturlehre für Kinder. Elberf. 8.; ed. III (?).
Laplace *Celestial mechanics, transl. by* Th. Young. ....
F. S. Beudant *Essai d'un cours élémentaire et général des sc. physiques.* Paris. 8.; ed. II.
R. J. Hauy *traité élémentaire de physique.* Paris. 3 Vol. 8.; ed. III.
L. Cotte *Leçons élément. de physique.* Paris. 12.; ed. III.
Biot *Précis élém. de physique expérimentale.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. II.

1822. ph. *J. F. Fries Die mathematische Naturphilosophie nach philosophischer Methode bearbeitet. Heidelb. 8.
Fr. Hildebrandt Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre. Erlangen. 8.; ed. II.
L. W. Gilbert (1769—1824) Grundriss der Experimental-Naturlehre. Leipz. 8.
H. Helmuth Volksnaturlehre etc. Braunschw. 8.; ed. VII.
ph. G. H. Schubert Die Urwelt und die Fixsterne. Dresden. 8.
ph. G. Graf v. Buquoy Ideale Verherrlichung d. empirisch erfassten Naturlebens. Leipz. 2 Vol. 8.
J. G. Melos Naturlehre für Bürger- und Volksschulen. Rudolst. 8.; ed. II.
J. H. Suter Physica recentissimi aevi disquisitionibus mathesi innixa. Solodori (Moguntiae). 2 Vol. 8.
John Robison (....—1805) *A system of mechanical philosophy; with notes by* Dav. Brewster. Edinb. 4 Vol. 8.
J. Newton Phil. nat. princ. math. perp. comm. ill. st. le Seur et Fr. Jacquier. Glasgow. 4 Vol. 8.; ed. III.
Mollet *Cours de physique.* Lyon. 2 Vol. 8.
A. Libes *Le monde physique et le monde moral etc.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. II.
A. Mozzoni *Elementi di fisica generale.* Milano. 8.; ed. IV.

1823. J. T. Mayer Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 8.; ed. V.
G. U. A. Vieth Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 8.; ed. V.
*Ans. Frz. Strauss (1780—1830) Lehrbuch der besondern und angewandten Physik. Mainz. 8.
*Pfaff Lehrbuch der Physik für Schulen. Erlangen. 8.
K. Steinau Katechismus oder leichtfasslicher Unterricht üb. die Anfangsgründe der Physik. Leipz. 8.
J. A. Herr Kurzer Inbegriff des Wissenswürdigsten aus der Naturlehre. Berlin. 8.
James Smith *The panorama of science and art.* London. 2 Vol. 8.; ed. IX.
John Leslie *Elements of natural philosophy including mechanics and hydrostatics.* Edinb. 8.
E. Péclet *Cours de physique.* Marseille et Paris. 4.

1824. Cassian Hallaschka (1780—....) Handbuch der Naturlehre. Prag 1824. 25. 3 Vol. 8.
*A. Baumgartner Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande mit Rücksicht auf mathem. Begründung dargestellt. Wien. 3 Vol. 8.
*J. B. Biot Lehrbuch der Experimentalphysik; nach der 3ten Aufl. übers. v. Fechner. Leipz. 1824. 25. 4 Vol. 8.
*Chrph. Fr. Hellwag (....—1835) Physik des Unbelebten und Belebten. Hamburg. 8.
*J. G. Hoffmann Unterr. v. natürl. Dingen; hsgeg. v. J. C. W. Nicolai. Halle. 8.; ed. XXI.
Fr. Holzhey Kleiner Katechismus der Physik. Nürnb. 8.
J. A. Herr Leitfaden der Physik. Neuwied. 8.
J. Millington *Epitome of natural and experimental philosophy.* ....
F. S. Beudant *Essai d'un cours élémentaire et général des sciences physiques.* Paris. 8.; ed. III.
J. B. Biot *Précis élémentaire de physique expérimentale.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. III.

1824. G. S. Olivier Themata de physica etc. Parisiis. 12.
Id. *Thêmes sur la physique etc.* Paris. 12.
P. Pelletan (fils) *traité élémentaire de physique.* Paris. 2 Vol. 8.

1825. J. H. M. Poppe Neue u. ausführliche Volksnaturlehre. Tübingen. 8.
J. A. Donndorf (1754—....) Naturlehre in ihrem ganzen Umfange, alphab. Quedlinb. 8.
* G. W. Muncke Die ersten Elemente der gesammten Naturlehre zum Gebrauche für höhere Schulen u. Gymnasien. Heidelb. 8.
J. Millington Grundriss der theoretischen u. Experimentalphysik; a. d. Engl. Weimar. 8.
J. Andr. Buchner (1783—1851) Grundriss der Physik. Nürnb. 8.
Im. D. Mauchart (1764—....) Beschreibendes und belehr. system. Verzeichniss eines physik. Kunstkabinets etc.; nach Sigaud de la Fond. Ludwigsburg. 8.
Murrat *Mechanical philosophy.* 8.
Alex. Jacq. Fr. Bertrand (1795—....) *Lettres sur la physique.* Paris. 2 Vol. 8.
Id. *Recreaciones fisicas ó la fisica al alcance de todos.* Paris. 4 Vol. 18.
Babinet *Resumé complet de physique.* Paris. 2 Vol. 32.
Laplace *Traité de mécanique céleste.* Paris. 5 Vol. 4.; ed. II.
Biot *Précis élémentaire de physique.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. III.
Mdme. Marcet *la physique des gens du monde enseignée en vingt leçons; trad. de l'angl. par* de Chepse *et* Powell. Paris 1825. 27. 12.

1826. E. G. Fischer Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. Berlin 1826. 27. 2 Vol. 8.; ed. III.
J. H. M. Poppe Handbuch der Experimentalphysik. Hannov. 8.; ed. II.
G. G. Schmidt Handbuch der Naturlehre. Zum Gebrauch für Vorlesungen und zum eigenen Studium. Giessen. 8.
* J. F. Fries Lehrbuch der Naturlehre. Zum Gebrauch bei akademischen Vorlesungen. Jena. 8.
A. Baumgartner Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande mit Rücksicht auf mathematische Begründung dargestellt. Wien. 8.; ed. II.
Lloyd *Elementary treatise on mechanical philosophy.* Dublin. 8.
* Millington Handbog i den mechaniske Deel af Naturlaeren. Bearbeitet af G. F. Ursin. Kjøbenhavn. 8.

1827. J. T. Mayer Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 8.; ed. VI.
B. Scholz Anfangsgründe der Physik. Wien. 8.; ed. III.
Wagner Elementarnaturlehre nach den Grundsätzen der neueren Pädagogik für Seminarien und Volksschulen. Cöln. 8.
Kries Lehrbuch der Physik. Jena. 8.; ed. IV (?).
Neill Arnott *Elements of physics or natural philosophy, general and medical explained independently of technical mathematics.* Lond. 8.; ed. I. u. II.
Despretz (1792) *traité élémentaire de physique.* Paris. 8.; ed. II.
V. Guilloud *traité de physique appliquée aux arts et métiers.* Paris. 8.
L. A. J. Quételet (1796) *Positions de physique, ou résumé d'un cours de physique générale.* Bruxelles. 3 Vol. 32.

1828. M. J. J. V. Gouilloud Grundzüge der Physik angewendet auf Künste u. Gewerbe; a. d. Franz. von L. H. A. Hoyer. Weimar. 8.
* J. B. Biot Lehrbuch der Experimentalphysik. Mit viel. Zusätzen von Fechner. Leipz. 1828. 29. 5 Vol. 8.; ed. II.
Th. Siber Anfangsgründe der Physik und angew. Mathem. Landsh. 8.; ed. III.
St. V. Nenning Lehrbuch der gesammten Naturlehre. Winterthur. 8.
Gregory Darstellung der mechanischen Wissenschaften; a. d. Engl. von J. F. W. Dietlein (....—1837). Halle. 2 Vol. 8.
H. A. Brettner Leitfaden f. d. Unterricht in der Physik. Breslau. 8.
Fr. Kries Lehrbuch der Naturlehre f. Anfänger. Gotha. 8.; ed. VI.
ph. F. Gli. Busse, Imm. Kant's metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaften in ihren Gründen widerlegt. Dresden u. Leipz. 8.
Fr. Beck Grundriss der Naturlehre für Gymnasien, höhere Bürger- u. Realschulen. Essen. 8.
A. Decker Kurzgefasstes Lehrbuch der Physik f. d. mittl. Klassen d. Gymnasien. Frankf. 8.
H. Ficinus Physik allgemein fasslich dargestellt. Dresden. 2 Vol. 12.
J. Leslie *Treatises on various subjects of natural philosophy.* .... 8.

1828. *N. Arnott *Elements of physics or natural philosophy.* London. 8.; ed. III.
Pouillet *Élémens de physique expérimentale et de météorologie.* Paris. 2 Vol. 8.
C. P. Brard *Entretiens sur la physique.* Paris et Strasb. 12.
Grosselin *Leçons de physique.* Part. I professée par Gay-Lussac; part. II. prof. par Pouillet. Paris. 8.

1829. E. G. Fischer Mechanische Naturlehre im Auszuge für den höheren Schulunterricht entworfen von E. F. August. Berlin. 8.
*G. W. Muncke Die ersten Elemente der gesammten Naturlehre etc. Heidelb. 8.; ed. II.
*Id. Handbuch der Naturlehre. Heidelb. 1829. 30. 2 Vol. 8.
A. Baumgartner Die Naturlehre. Wien. 8.; ed. III.
Id. Supplementband zur Naturlehre in 3 Lief. Wien 1829—31. 8.
K. C. Schneider Grundriss der Gewerb-Naturlehre oder technische Physik. Cassel. 8.
*N. Arnott Elemente der Physik oder Naturlehre, dargestellt ohne Hülfe der Mathematik; nach d. 3ten Aufl. a. d. Engl. übers. Weimar. 2 Vol. 8.
*K. Fried. Aug. Theod. Kastner Die Physik. Erster Theil, allgemeine Einleitung. Rostock. 8.
J. G. Melos Naturlehre f. Bürger- und Volksschulen. Rudolst. 8.; ed. III.
M. Desaga Kleine Naturlehre für Elementarschulen. Heidelb. 8.
W. H. v. Rouvroy Vorlesungen üb. die ersten Anfangsgründe der Physik u. Chemie. Dresd. u. Leipz. 8.
ph. H. Steffens Polemische Blätter zur Beförderung der speculativen Physik. Breslau. 1 Hft. 8.
Th. Exley *Principles of natural philosophy.* .... 8.
J. Newton *The first three sections of the principia, with copious tables etc. by* J. Carr. London. 8.; ed. II.
Treatises on natural and experimental philosophy (Part of the library of useful knowledge). London 1829—38. 4 Vol. 8.
N. Arnott *Elements of physics.* London. 2 Vol. 8.; ed. IV.
Lechevallier *Cours de physique et de chimie industrielle.* Metz. 8.
P. Pelletan (fils) *traité élémentaire de physique.* Paris 1829—31. 2 Vol. 8.; ed. II.
Ajasson de Grandsagne *Nouveau manuel complet de physique et de météorologie.* Paris. 18.

1830. J. P. Neumann Lehrbuch der Physik. Wien 1830. 35. 2 Vol. 8.; ed. II.
*H. W. Brandes (1777—1834) Vorlesungen üb. d. Naturlehre. Leipz. 1830—32. 3 Vol. 8.
*F. S. Beudant Lehrbuch der Physik nach der 4ten franz. Originalausg. übers. von Hartmann. Leipz. 8.
B. Michl Naturlehre f. d. Jugend. Straubing. 8.; ed. VI.
Die Lehren der Physik in dialogischer Form. A. d. Engl. nach der 4ten Aufl. der conversations on natural philosophy von Fr. Vogel. Darmstadt. 8.; ed. II.
J. C. Leuchs Fassliche u. praktische Darstellung der vorzüglichsten Lehren der Physik etc. Nürnberg. 8.
M. Desaga Kleine Naturlehre. Heidelb. 8.; ed. II.
J. H. M. Poppe Die Physik in Anwendung auf Künste u. Gewerbe. Tübingen. 8.
J. A. F. Schmidt Gemeinnützige Naturlehre. Ilmenau 1830. 31. 2 Vol. 8.
Beat. v. Tscharner Handb. der Experimentalphysik. Frankf. 8.; ed. II.
K. W. G. Kastner Grundzüge der Physik u. Chemie. Nürnberg. 8.; ed. II.
N. Arnott *Elements of physics. American edition from the third Lond. ed. with addit. by* Is. Hays. Philadelphia. ....
ph. Miles Bland *Problems of different branches of philosophy.* Cambridge. 8.
ph. John F. W. Herschel (1790) *A preliminary discourse on the study of natural philosophy.* London. 12.; ed. II (?).
Laplace *System of the world; transl. by* Harte. Lond. 2 Vol. 8.
E. G. Fischer *traité de physique trad. de l'All. par* Biot. Paris. 8.; ed. III.
Despretz *traité élémentaire de physique.* Paris. 8.; ed. II.
E. Péclet *traité élémentaire de physique.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. II.
N. Arnott *Élémens de philosophie naturelle; trad. par* T. Richard. Paris. 2 Vol. 8.
J. M. M. Peyré *Cours de physique.* Paris. 2 Part. 8.
Guis. Belli *Corso elementare di fisica sperimentale.* Milano. ....

1831. *C. Focke Lehrbuch der Physik. Götting. 8.
W. W. Eckerle Naturlehre mit Rücksicht auf d. aus Unkunde entst. Volksirrth. Heidelb. 8.; ed. II.
*Id. Kleine Naturlehre zur Anregung eines religiösen Gefühls. Heidelb. 8.

1831. Fladung Populäre Vorlesungen üb. Physik. Wien. 2 Vol. 8.
F. A. Herr Erster Unterricht in der Naturlehre. Neuwied. 8.; ed. II.
J. H. M. Poppe Naturlehre für die Jugend. Tübing. 2 Vol. 8.
Schule gemeinnütziger Kenntnisse u. Wissenschaften; 2te Abth.: kurzgefasste Naturlehre. Leipz. u. Kaschau. 8.
C. M. Marx Die physikalische Sammlung des Herzogl. Collegii Carolini in Braunschweig. Braunschw. 8.
Kleine Naturgeschichte u. Naturlehre für die Jugend. München. 8.
Macvicar *Elements of the economy of nature.* Edinb. 8.
Desroches *Traité élémentaire de chimie et de physique.* Paris. 8.
Dupré *traité de physique.* Rennes. 2 Vol. 8.
Pouillet *Élémens de physique.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. II.

1832. *C. W. G. Kastner Grundzüge der Physik u. Chemie. Nürnberg 1832. 38. 2 Vol. 8.; ed. II.
A. Baumgartner Die Naturlehre. Wien. 8.; ed. IV.
H. A. Brettner Leitfaden für den Unterricht in der Physik etc. Breslau. 8.; ed. II.
Fr. Kries Vorlesungen üb. Naturlehre für Frauenzimmer. Leipz. 3 Vol. 8.
Ant. Leop. Buchmüller (1784—1850) Anfangsgründe der Naturlehre. Wien. 8.
K. Pfaff Lehrbuch der Natur-, Erd- u. Menschenkunde. Stuttg. 8.
B. Scholz Anfangsgründe der Physik. Wien. 8.; ed. IV.
W. Weinholz Handbuch der pharmazeutisch-mathematischen Physik u. Chemie. Ilmenau. 8.
J. A. Biggel Das Nothwendigste u. Nützlichste aus der Naturlehre. Ellwangen. 8.; ed. II.
ph. Fr. Fischer Von der Natur u. dem Leben der Körperwelt od. philos. Physik Tüb. 8.
J. G. Melos Naturlehre für Bürger- u. Volksschulen. Rudolst. 8.; ed. IV.
J. G. Stemler Systematisches Lehrb. der Naturlehre. Leipz. 8.
Sam. Gottl. Vogel (1750—1837) Zusammenstellung der sämmtlichen Gesichtspunkte, worauf die Physiker in ihrem Wirkungskreise ihr Augenmerk zu richten haben. Rostock. 8.
N. Arnott *Elements of physics.* London. 2 Vol. 8.; ed. V.
Grund *Elements of natural philosophy.* .... 8.
F. S. Beudant *traité de physique.* Paris. 8.; ed. V.
Regnaud *Cours de mathém. et de physique.* 2 Vol. ....
George *Cours de physique appliquée aux arts.* Nancy. .....
C. Despretz *Traité élémentaire de physique.* Paris. 8.; ed. III.

1833. G. W. Muncke Die ersten Elemente der gesammten Naturlehre. Heidelb. 8.; ed. III.
J. A. Buchner Grundriss der Physik als Vorbereitung zur Chemie. Nürnb. 8.; ed. II (auch als Thl. II des „Vollständ. Lehrbegr. der Pharmacie").
G. Lautenschläger Figurentafeln zur Physik, nebst ausführlicher Erläuterung. Darmst. 1 Hft. 4.
*D. Brewster (1785) Briefe üb. die natürliche Magie an Sir Walter Scott; übers. von F. Wolff. Berlin. 8.
J. A. Herr Grundriss der Naturlehre. Berlin. 8.; ed. III.
N. Arnott *Elements of physics.* London. 3 T. in 2 Vol. 8.; ed. VI.
F. S. Beudant *traité élémentaire de physique.* Paris. 8.; ed. V.
C. P. Brard *Entretiens sur la physique.* Lübeck. 8.
Domen. Scinà *Elementi di fisica.* Milano. 4 Vol. 12.

1834. Mair Vergleichende Würdigung der Verdienste Desagulier's, W. s'Gravesande's und P. v. Musschenbroek's um die Experimentalphysik. München. 8.
*A. Herr Anweisung zum physikalischen Experimentiren. Berlin. 8.
*W. Pfaff (1774—1835) Gesammt-Naturlehre. Leipz. 8.
H. A. Brettner Leitfaden f. d. Unterr. in der Physik. Breslau. 8.; ed. III. und ed. IV.
J. H. M. Poppe Neue und ausführliche Volksnaturlehre. Tüb. 8.; ed. II.
K. W. Knochenhauer Leitfaden beim Unterricht in der Physik. Neustrelitz. 8.
H. Helmuth Volksnaturlehre; bearb. von J. G. Fischer. Braunschw. 2 Vol. 8.; ed. VIII.
Chr. Bernoulli Elementarisches Handbuch der industriellen Physik. Stuttg. u. Tüb. 1834. 35. 2 Vol. 8.
C. Hoffmann Grundlehren der Physik für Militärschulen. Berlin. 2 Vol. 8.
M. Fr. Wild Versuche u. Beobachtungen im Gebiete der Physik; hsgeg. v. Gust. Bacherer. München. 8.

1834. D. Brewster *Lettres on natural magic adressed to Sir* Walter Scott. London. 8.; ed. II (?).
Mstrs. Sommerville *On the connexion of the physical sciences.* London. 8.
Quetelet *Positions de physique etc.* Bruxelles. 3 Vol. 12.; ed. II.

1835. B. v. Tscharner Handbuch der Experimentalphysik zur Selbstbelehrung und zum Gebrauche bei Vorlesungen. Frankf. 2 Vol. 8.; ed. III.
Dempp Anfangsgründe der technischen Naturlehre. München. 8.
ph. H. Steffens Polemische Blätter zur Beförderung der speculativen Physik. Breslau. 2 Hfte. 8.; ed. II.
Kries Lehrbuch der Physik. Jena. 8.; ed. V.
Fr. Atzerodt Naturlehre für Volksschulen. Leipz. 8.
E. W. G. Bagge Anhaltspunkte aus der Naturlehre. Frankf. 12.
H. W. Brandes Aufsätze über Gegenstände der Astronomie u. Physik; hsgeg. von C. W. H. Brandes. Leipz. 8.
K. W. G. Kastner Handbuch der angewandten Naturlehre. Stuttgart 1835—49. 21 Hfte. 8.
R. Tschiffely Der heutigen Physik Widerlegung durch Folgerung aus Sinneswahrnehmungen. Aachen. 8.
Jos. Wernhard Kurzer u. doch sehr fasslicher Katechismus der Naturlehre. Augsburg. 8.
H. Rebau Das Wissenswürdigste aus der Naturlehre. Stuttg. 8.
Maria Sommerville Ueberblick der physikal. Wissensch. in ihrem Zusammenhange; a. d. Engl. Berlin. 8.
Werckler Belehrende Unterhaltungen aus d. Gebiete der Naturlehre. Berlin. 12.
Guilloud *traité de physique appliquée aux arts et métiers.* Paris. 8.; ed. II.
Ajasson de Grandsagne et Fouché *Nouveau manuel complet de physique et de météorologie.* Paris. 18.; ed. II.

1836. Baumgartner und v. Ettinghausen Naturlehre. Wien. 8.; ed. V.
W. Eisenlohr Lehrbuch der Physik zum Gebrauch bei Vorlesungen u. beim Unterrichte. Mannheim. 8.
J. Heussi Die Experimentalphysik methodisch dargestellt. Berlin 1836—40. 3 Abth. 8.
J. G. Melos Naturlehre für Bürgerschulen; hsgeg. v. J. A. F. Schmidt. Rudolst. 8.; ed. V.
* Ed. Büchner Sammlung algebraisch-physikalischer Aufgaben. Halle. 8.
H. A. Brettner Leitfaden f. d. Unterricht in der Physik. Breslau. 8.; ed. V.
Darstellung der wichtigsten Gegenstände aus der Naturlehre. Rudolst. 8.
Fr. Kries Lehrb. der Naturlehre für Anfänger. Gotha. 8.; ed. VII.
ph. * J. Herschel Ueb. das Studium der Naturwissenschaft, übers. von F. C. Henrici. Gött. 8.
Id. Einleit. in d. Studium der Naturw. Nach d. Engl. von A. Weinlig. Leipz. 8.
Jac. Katzfey Naturlehre für höhere Lehranstalten. Köln 1836. 37. 2 Vol. 8.
J. H. M. Poppe Die Physik in Anwendung auf alle Gewerbe. Tübing. 8.; ed. II.
Id. Naturlehre f. d. Jugend. Stuttg. 2 Vol. 12.; ed. II (?).
Chr. Glo. Rebs Naturlehre f. d. Jugend. Leipz. 8.; ed. II.
E. L. Schubarth Sammlung physikalischer Tabellen. Berlin. 12.; ed. III.
ph. * H. F. Link Propyläen der Naturkunde. Berlin 1836—39. 2 Vol. 8.
Person *Élémens de physique à l'usage des élèves de philosophie.* Paris 1836—41. 2 Vol. 8. et atlas 4.
F. Marcet *Cours de physique expérimentale.* Genève. ....
Pinault *traité de physique.* ..... 2 Vol. 8.
Laplace *Exposition du système du monde.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. VI.
Lamé *Cours de physique.* Paris 1836. 37. 2 Vol. 8.
* Despretz *traité élémentaire de physique.* Paris. 8.; ed. IV.
* A. W. Hauch Det physiske Cabinet eller Beskrivelse over de til Experimental-Physiken henhörende vigtigste Instrumenter. Kjøbenh. Imp.-4.

1837. * E. G. Fischer Mechanische Naturlehre; bearb. von E. F. August. Berlin 1837. 40. 2 Vol. 8.; ed. IV.
Populäres Lehrbuch der Experimentalphysik. Paderborn. 8.
Fr. Arago (1786—1853) Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde; a. d. Franz. übers. von C. v. Remy (Bd. 1—3) und C. F. Grieb (Bd. 4—8). Stuttg. 8 Vol. 8.

1837. H. A. Brettner Leitfaden für den Unterricht in der Physik. Breslau. 8.; ed. VI.
Aug. Hug. Emsmann Vorbereitender Cursus der Experimentalphysik. Frankf. a. O. 8.
J. A. R. Götz (1805—48) Lehrbuch der Physik. Berlin 1837—42. 3 Vol. 8.
J. H. M. v. Poppe Neue u. ausführliche Volksnaturlehre. Tübing. 2 Vol. 8.; ed. III.
B. Scholz Anfangsgründe der Physik; hsgeg. von A. Schrötter. Wien. 8.; ed. V.
F. W. D. Snell Naturlehre; bearb. von A. L. T. Koch. Leipz. 8.; ed. IV.
G. U. A. Vieth Grundriss der Physik für Schulen; hsgeg. von J. Götz. Zerbst. 8.; ed. II.
A. Baumgartner Anfangsgründe der Naturlehre. Wien. 8.
Ludw. Würkert Die Naturlehre für Bürger- und Volksschulen. Leipz. 8.
Aug. Krauss Leitfaden bei dem Unterr. in der Naturlehre. Augsb. 8.
Jos. Em. Nürnberger Darstellung der neuesten Physik u. Technologie. Kempten. 12.
Geo. Lautenschläger Figurentafeln zur Physik. Darmst. 1837—40. 6 Hfte. Taf. 4. u. Text 8.*
Mstrs. Sommerville *The connection of the physical sciences.* London. 12.; ed. III(?).
Pouillet *Élémens de physique.* Paris 1837. 40. 2 Vol. 8.; ed. III.
G. Lamé *Cours de physique.* Brux. et Leipz. 2 Vol. 8. (erster Nachdruck).
Id. Dasselbe Werk. Bruxelles. 8. (zweiter Nachdruck).
Id. Dasselbe Werk. Brux. 1837. 38. 3 Vol. 8. (dritter Nachdruck).

1838. *Zur Fundamentalphysik, oder Andeutung eines einzig möglichen physikalischen Systems. Umrisse eines wirklichen u. wahren Systems der Physik. Altona 1838. 39. 2 Vol. 8.
*R. Böttger Beiträge zur Physik u. Chemie. Frankf. a. M. 1838. 41. 46. 3 Hfte. 8.
A. Diekmann Die Naturlehre in katechetischer Gedankenfolge. Altona. 8.; ed. II.
Schmöger Anfangsgründe der Physik f. techn. Schulen nach Baumgartner u. Schmieder. Regensb. 8.
*J. G. Hoffmann Unterr. von natürl. Dingen; hsgeg. von J. C. W. Nicolai. Halle. 8.; ed. XXIII.
H. Helmuth Volksnaturlehre. Braunschw. 8.; ed. IX; ed. II von Fischer bearb.
Lamé Lehrbuch der Physik; übers. von C. H. Schnuse. Darmst. 1838—41. 3 Vol. 8.
Agthe Leitfaden für den Unterricht in der Naturlehre für Progymnasien. Hannover. 8.
J. H. M. v. Poppe Der junge Physiker u. Techniker. Stuttg. 8.
W. F. A. Zimmermann Der physikalische Jugendfreund. Stuttg. 8.
A. Herr Grundriss der Naturlehre. Berlin. 8.; ed. IV (?).
J. C. Röttger Rationelle Naturlehre. Neuhaldensl. 8.
J. J. J. Hoffmann Abhandl. aus der Physik u. Mathematik. Mainz. 8.
Chph. Scherling Leitfaden bei dem Unterr. in der Physik. Lübeck 1838—40. 2 Abth. 8.
Pet. Wild Kleine Naturlehre. Passau. 12.
Lud. Würkert Die Naturlehre f. Bürger- u. Volksschulen. Leipz. 8.; ed. II.
F. Ch. Raab Die Naturlehre zum Gebrauche f. Volksschulen. Gotha. 8.
J. Leslie *treatises on various subjects of natural and chemical philosophy.* London. 8.
M. M. Sommerville *De la connexion des sciences physiques ou exposé simple et rapide de tous les principaux phénomènes astronomiques etc.; trad. de l'Angl. p. Mdme.* T. Meulien. Paris. 12.
*Péclet *traité de physique.* Paris. 2 Vol. 8. et atlas en 4.; ed. III.
Id. Dasselbe Werk. Bruxelles; ed. IV.
*J. J. Pierre *Exercices sur la physique.* Paris. 8.
Aimé et Bouchardat *Manuel complet du baccalauréat ès sciences physiques et mathématiques.* Paris. 18.
Aimé Martin (1786—....) *Lettres à Sophia sur la physique etc.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. II.
Id. Dasselbe Werk: *belle édition.* 4 Vol. 18.
P. Pelletan (fils) *traité élémentaire de physique.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. III.
F. S. Beudant *traité élémentaire de physique.* Paris. 8.; ed. VI.

1839. B. Scholz Anfangsgr. d. Physik; hsgeg. von Schrötter. Wien; ed. VI (?).
*Baumgartner u. v. Ettinghausen Naturlehre. Wien. 8.; ed. VI.
Pouillet Lehrbuch der Experimentalphysik u. Meteorologie; nach d. 3ten Ausg. übers. von Schnuse. Quedl. u. Leipz. 1839—43. 2 Vol. 8.
L. F. Kämtz Lehrbuch der Experimentalphysik. Halle. 8.
W. Eisenlohr Lehrbuch der Physik. Mannheim. 8.; ed. II.
F. J. Göbel Lehrbuch der Physik u. Astronomie. Karlsr. 8.

1839. *J. Heussi Die Experimentalphysik methodisch dargestellt. Berlin 1839. 40. 1ster Curs. 8.; ed. II.
G. H. F. Scholl Grundriss der Naturlehre. Ulm. 8.
*Gust. Suckow Systematische Encyklopädie der theoretischen Naturwissenschaften. Halle. 8.
*F. W. D. Snell Naturlehre, bearb. v. Koch. Leipz. 1839. 40. 2 Vol. 8.; ed. IV.
E. F. August (1795) Auszug aus E. G. Fischer's mechanischer Naturlehre. Berlin 1839. 40. 2 Abth. 8.; ed. II.
Die Elemente der Naturlehre; a. d. Franz. übers. v. Geo. Kissling. Stuttg. 8.
Löwy Humpoletz Auswahl des Wissenswürdigsten a. d. Physik. Prag. 8.; ed. II.
A. Menge Physik. Graudenz u. Berlin. 8.
K. Vogel Anfangsgr. d. Naturlehre; bearb. von Jul. Michaelis. Leipz. 12.
Fr. Chr. Raab Naturlehre. Gotha. 8.; ed. II.
F. A. Clemens Grundriss der Naturlehre. Königsb. 2 Vol. 8.
J. Katzfey Naturlehre. Köln. 2 Vol. 8.; ed. II.
J. Ch. Koken Lehrbuch der Physik f. Gymnasien. Holzminden. 8.
J. H. M. v. Poppe, Wiegleb's, Rosenthal's etc. gesammelte Schriften üb. natürliche Magie. Stuttg. 4 Vol. 12.
Golding Bird *Elements of natural philosophy*. London. 8.
Moseley *Illustrations of mechanics*. London. 8.
Pouillet *Elementi di fisica sperimentale e di meteorologia*. Edit. 3: *voltata in ital. con note e giunte di* L. Palmierj. Napoli 1839. 40. 2 Vol. 8.

1840. G. Suckow System der Physik mit Beziehung auf Künste u. Gewerbe. Darmst. 8.
Fr. W. Thieme Die Physik in ihrer Beziehung zur Chemie. Leipz. 8.
H. A. Brettner Leitfaden f. d. Unterricht in der Physik. Breslau. 8.; ed. VII.
Fladung Populäre Vorlesungen üb. Physik. Wien. 2 Vol. 8.; ed. II.
Theod. Friedleben Populäre Experimentalphysik. Frankf. 8.; ed. II.
J. G. Luz Natürliche Magie. Reutlingen. 12.
Naturlehre u. Naturgeschichte für Volksschulen. Zweibrücken. 8.; ed. III.
J. Schmidt Kleine Naturlehre für Schulen. Freiburg. 16.
ph. Ed. Ph. Peipers System der gesammten Naturwissenschaften. Köln. 2 Vol. 8.
Aug. Stöpel Unterhaltungen üb. Gegenstände aus der Naturlehre. Tangermünde 1840. 41. 2 Hfte. 8.
J. G. Süskind Handbuch der Naturlehre; hsgeg. von G. C. Reuss. Stuttg. 8.; ed. II.
Frz. Hruschauer Elemente der Naturlehre in ihrer Anwend. auf die Heilkunde. Grätz. 8.
J. C. Snowball *the Cambridge course of elementary natural philosophy*. .... 12.; ed. II.
ph. Whewell *the philosophy of the inductive sciences*. London. 2 Vol. 8.
M. Sommerville *the connexion cf the physical sciences etc.* London. 8.; ed. V.
Despretz *traité de physique*. Bruxelles. 8.; ed. VI.
*Lamé *cours de physique*. Paris. 3 Vol. 8.; ed. II.
Peyré *cours de physique*. Paris. 8.; ed. II.
Marc. Pouillet *elementi di fisica etc. vers. ital. di* G. Fazzini. Napoli 1840. 41. 2 Vol. 8.

1841. W. Eisenlohr Lehrbuch der Physik. Mannheim. 8.; ed. III.
Heinr. Birnbaum Die Begründung der ersten Kenntnisse in der Physik. Braunschw. 8.
Der physikalische Guckkasten. Prag u. Leipz. 12.
K. F. Rob. Schneider Die Experimentalphysik in ihren Beziehungen zum praktischen Leben. Dresden 1841. 42. 3 Vol. 8.
Joh. B. Wisgrill Elemente der Physik für Studirende der Chirurgie. Wien. 8.
Heinr. Ficinus Physik, allgemein fasslich dargestellt. Quedlinb. 2 Vol. 12.; ed. II.
ph. Nees v. Esenbeck (1776) Naturphilosophie. Glogau. 8.
Mor. Rubrom Grundriss der Naturlehre oder Darstellung der Undulation als wesentliche Grundlage der gesammten Naturkunde. Wien. 8.
Favrot *traité élémentaire de physique*. Paris. 2 Vol. 8.
Deguin *Cours élémentaire de physique*. .... 2 Vol. 8.; ed. III.
Desdouits *Physique élémentaire*. Paris. 6 Vol. 8.
Henry Gras *Élémens de physique*. Paris. 8.

1842. J. P. Neumann Lehrbuch der Physik. Wien. 8.; ed. III.
G. W. Muncke Die ersten Elemente der Naturlehre. Heidelb. 8.; ed. IV.
Baumgartner u. v. Ettinghausen Die Naturlehre. Wien. 8.; ed. VII.

1842. C. F. PESCHEL (1793—1852) Lehrbuch der Physik. Leipz. u. Dresd. 1842—44. 2 Vol. 8.
BRETTNER Leitfaden f. d. Unterricht in der Physik. Breslau. 8.; ed. VIII.
A. L. BUCHMÜLLER Anfangsgründe der Naturlehre. Wien. 8.; ed. II.
ph. GEO. W. FR. HEGEL (1770—1831) Vorlesungen üb. d. Naturphilosophie; hsgeg. von C. L. MICHELET. Berlin. 8.
B. KOTE Die Erfahrungsnaturlehre. Magdeburg. 8.
J. H. M. v. POPPE Die Physik in ausführlicher populärer Darstellung. Zürich. 7 Lief. 8.
HEIN. LUD. BOLTZE Leitfaden zum Unterricht in der Physik. Brandenburg. 8.
PARIS *Philosophy in sport made science in earnest.* London. 8.; ed. V.
BECQUEREL *traité de physique considerée dans ses rapports avec la chimie et les sciences naturelles.* Paris 1842. 44. 2 Vol. 8.
BOUCHARDAT *Cours des sciences physiques.* Paris. 2 Vol. 8.
G. GALILEI *Opere. Prima editione completa.* Firenze. 4 Vol. 8.

1843. *POUILLET Lehrbuch der Physik und Meteorologie, für deutsche Verhältnisse frei bearbeitet von Dr. JOH. MÜLLER. Braunschweig. 2 Vol. 8.
G. BISCHOF (1792) Populäre Vorlesungen üb. naturwissensch. Gegenstände a. d. Gebieten der Geologie, Physik u. Chemie im Jahre 1842 u. 43 gehalten. Bonn 1843. 45. 8.
G. LAUTENSCHLÄGER Figurentafeln zur Physik. Darmstadt. 6 Hfte. 8.; ed. III.
J. FRICK Anfangsgründe der Naturlehre. Freib. 8.
H. HELMUTH Volksnaturlehre; bearb. von J. G. FISCHER. Braunschw. 8.; ed. X.
MARCET Experimentalphysik, übers. von G. KISSLING. Ludwigsb. 8.
FR. KRIES Sammlung physikalischer Aufgaben. Jena. 8.
J. G. MELOS Naturlehre für Bürger- u. Volksschulen; bearb. von E. F. AUGUST. Leipz. 8.; ed. VI.
G. W. OSANN Neue Beiträge zur Physik und Chemie. Würzburg 1843—53. 6 Hfte. 8.
CHR. ALB. WEINLIG Grundriss der mechanischen Naturlehre. Leipz. 8.
J. HEUSSI Die Experimentalphysik etc. Berlin. 8. 1ster Cursus; ed. III.
ph. L. OKEN Lehrbuch der Naturphilosophie. Zürich. 8.; ed. III.
AIMÉ MARTIN *Lettres à Sophie sur la physique etc.* 12.; ed. IV.
A. TAFFE *Cours de physique professé a l'école royale des arts et métiers de Châlons-sur-Marne.* Fol. (lithographié); ed. II.

1844. *H. W. BRANDES Vorlesungen üb. die Naturlehre; hsgeg. von C. W. A. BRANDES u. W. J. H. MICHAELIS. Leipz. 8.; ed. II.
W. EISENLOHR Lehrbuch der Physik. Mannheim. 8.; ed. IV.
*A. v. ETTINGHAUSEN Anfangsgründe der Physik. Wien. 8.
F. VOGEL Das Wissenswürdigste aus der Naturlehre. Leipz. 8.
*F. SCHOLL Grundriss der Naturlehre. Ulm. 8.; ed. II.
*BRETTNER Leitfaden f. d. Unterricht in der Physik. Breslau. 8.; ed. IX.
*AD. HEINE Leitfaden f. d. Unterr. in der Naturlehre. 1ster Cursus. Hildburgh. 8.
ECKERLE Naturlehre. Frankf. 8.; ed. II.
AND. MAR. AMPÈRE (1775—1836) Natürliches System aller Naturwissenschaften; a. d. Franz. übers. von G. WIDENMANN. Stuttg. 8.
J. HEUSSI Die Experimentalphysik etc. Berlin. 8. 2ter Curs.; ed. II.
WICHER Lehrbuch der Physik f. d. oberen Klassen der Gymnasien. Breslau. 8.
J. H. HELMUTH Volksnaturlehre; hsgeg. von J. G. FISCHER. Braunschw. 8.; ed. XI.
FR. KRIES Lehrb. der Naturlehre für Anfänger. Gotha. 8.; ed. VIII.
CHR. HEINR. NAGEL Lehrbuch der Naturlehre. Ulm 1844—47. 2 Vol. 8.; ed. II.
*POUILLET *Élémens de physique.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. IV.
KAEPPELIN *Cours de physique.* Colmar et Paris. 8.; ed. III.
SOUBEIRAN *Précis élémentaire de physique.* Paris. 8.; ed. II.
H. C. ÖRSTED Naturlaerens mekaniske Deel. Kjöb. 8. Tillaeg til Naturl. mek. Deel. Kjöb. 1844—47. 8.

1845. A. BAUMGARTNER Die Naturlehre. Wien. 8.; ed. VIII.
*JOH. MÜLLER Lehrb. der Physik u. Meteorologie. Als 2te Aufl. der Bearbeit. v. POUILLET's Lehrb. der Physik. Braunschw. 2 Vol. 8.
*A. v. HUMBOLDT (1769) Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Stuttg. und Tübingen 1845—50. 3 Vol. 8.

1845. Becquerel Populäre Naturlehre; a. d. Franz. von G. Kissling. Stuttg. 9 Vol. 16.
Vieth Anfangsgründe der Naturlehre; bearb. von Götz. Leipz. 8.; ed. VI.
Joh. Aug. Grunert Lehrbuch der Physik. Leipz. 1845—50. 2 Vol. 8.
A. v. Ettingshausen Anfangsgründe der Physik. Wien. 8.; ed. II.
A. Stöpel Unterhaltungen üb. Gegenstände der Naturlehre. Tangermünde. 8.; ed. II.
* Th. Young *Course of lectures on natural philosophy, ed. by* P. Kelland. London. 2 Vol. 8.; ed. II.
A. v. Humboldt *Kosmos, transl. by Col.* Sabine. London 1845—50. 3 Vol. 8.
C. F. Peschel *Physics, transl. fr. the German.* ...... 8.
Desdouits *La physique en action, ou applications utiles et intéressantes de cette science.* ... 2 Vol. 8.
G. F. Olivier *Physique usuelle, exposé des principaux phénomènes de la nature.* .... 12.; ed. III.
ph. L. A. Gruyer *Principes de philosophie physique, pour servir de base à la métaphysique de la nature et à la physique expérimentale.* ..... 8.

1846. H. Helmuth Volksnaturlehre etc. Braunschw. 8.; ed. XII.
* W. Beetz Leitfaden für physikalische Vorträge. Berlin. 8.
* Joh. Müller Grundriss der Physik u. Meteorologie. Braunschw. 8.
H. A. Brettner Leitfaden f. d. Unterr. in der Physik. Breslau. 8.; ed. X.
W. Eisenlohr Elementar-Physik. Karlsr. 8.
Götz Elemente der Physik nach mathemat. Principien. Leipz. 8.
J. Katzfey Experimentalphysik. Köln. 2 Vol. 8.; ed. III.
Fr. Schödler Das Buch der Natur, die Lehren der Physik, Chemie etc. umfassend. Braunschw. 8.
* L. Euler Briefe an eine deutsche Prinzessin etc. Aufs Neue nach d. Franz. bearb. mit einem Suppl. von Joh. Müller. Stuttg. 8.
A. v. Humboldt *Cosmos, trad. par* Faye. Paris 1846—54. 3 Vol. 8.
A. Pinaud *Programme d'un cours élémentaire de physique.* Paris. 8.; ed. IV.
R. Kaeppelin *Cours de physique.* Paris. 8.; ed. IV.

1847. B. Bandlin Naturlehre. Zürich. 2 Vol. 8.
W. A. Rüst Grundriss der Physik. Berlin. 8.
* Hessler Handbuch der Physik nach den Bedürfnissen der Technik, der Künste u. Gewerbe. Wien 1847—52. 8.
* P. L. Preissinger Vademecum für Freunde der Naturwissenschaft. Augsb. 12.
Jul. Franke Drei Wandkarten zum Gebrauch beim Unterricht in der Physik. Schweidnitz. Fol. Text 8.
A. Mousson Kleine Naturlehre f. d. Volk. Zürich. 8.
K. Koppe Anfangsgründe der Physik f. d. Unterr. in Gymnasien. Essen 1847. 48. 2 Vol. 8.
ph. K. L. Menzzer Naturphilosophie. Halberstadt 1847. 48. 8.
G. U. A. Vieth Grundriss der Physik f. Schulen; bearb. von J. Götz. Zerbst. 8.; ed. III.
Joh. Müller *Principles of physics and meteorology.* London. 8.
Pouillet *Élémens de physique expérimentale.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. V.
Becquerel et E. Becquerel *Élémens de physique terrestre et de météorologie.* Paris. 8.
Péclet *traité de physique.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. IV.
ph. H. C. Örsted Den almindelige Naturlaerens Aand og Vaesen. Kjøbenh. 8.
A. v. Humboldt *Cosmos o sappio di una fisica descrizione del mondo.* Torino. ..... 8.
Teodoro de Almeida *Elementos de fisica, para instruccion de personas curiosas que no han frecuentado las aulas.* .... 3 Vol. 12.

1848. * Pouillet Lehrb. der Physik u. Meteorologie; bearb. v. J. Müller. Supplement zur 1sten u. 2ten Aufl. Braunschw. 8.
* Joh. Müller Lehrbuch der Physik u. Meteorologie. Braunschw. 2 Vol. 8.; ed. III.
v. d. Höven Ergebnisse der Naturforschung für das Leben; a. d. Niederdeutschen. Berlin. 8.
J. B. Bandlin Anleitung zum Schul- und Selbstunterr. in der Naturlehre. Zürich. 8.
W. Hankel Grundriss der Physik. Stuttg. 8.
* Fr. Schödler Das Buch der Natur. Braunschw. 8.; ed. III.
T. Watson *Lectures on the principles and practice of physic.* London 1848. 8.
G. Wertheim *Mémoires de physique mécanique.* Paris. 8.
Laplace *Oeuvres.* Paris. 7 Vol. 4.

1848. F. PIÉROT *Cours élémentaire des sciences physiques. 1re partie. Physique.* .... 8.
ph. A. NOUGARÈDE DE FAYET *Nouvelles bases d'une théorie physique et chimique. Constitution intime des corps.* ..... 8.
DÉGUIN *Cours élémentaire de physique.* .... 2 Vol. 8.; ed. VI.
1849. C. S. CORNELIUS Die Naturlehre nach ihrem jetzigen Standpunkte mit Rücksicht auf den innern Zusammenhang der Erscheinungen. Leipz. 8.
J. B. JORDAN Die Erdkörper in 3 Reihen. Wien. 8.
* H. A. BRETTNER Leitfaden f. d. Unterricht in der Physik. Breslau. 8.; ed. XI.
H. HELMUTH Volksnaturlehre; bearb. v. J. G. FISCHER. Braunschw. 8.; ed. XIII.
ph. J. ST. MILL Induktive Logik; übers. von J. SCHIEL. Braunschw. 8.
W. EISENLOHR Lehrbuch der Physik. Mannheim. 8.; ed. V.
FR. SCHÖDLER Das Buch der Natur. Braunschw. 8.; ed. IV.
TH. FRIEDLEBEN Populäre Experimentalphysik. Frankf. a. M. 8.; ed. III.
FRD. ZIERLER Ueb. die Naturlehre mit Rücksicht auf neue Principien derselben. Linz. 8.
E. L. SCHUBARTH Sammlung physikalischer Tabellen. Berlin. 12.; ed. V.
1850. * SCHLEIDEN und E. E. SCHMID Encyklopädie der gesammten theoretischen Naturwissenschaften in ihrer Anwendung auf d. Landwirthschaft. Braunschw. 3 Vol. 8.
* JOH. MÜLLER Grundriss der Physik u. Meteorologie. Braunschw. 8.; ed. II.
* ph. J. RICHERS Natur und Geist. Thl. 1. Die Grundprincipien der Materie. Leipz. 8.
* D. GROTHE Die Experimentalphysik, dargestellt in 29 lithographirten Tafeln. Hagen. Fol.
F. E. J. CRÜGER Die Physik in der Volksschule. Erfurt. 8.
* J. FRICK Physikalische Technik. Braunschw. 8.
* F. W. THIEME Lehr- und Lernbüchlein der Physik. Leipz. 8.; ed. II.
JOS. HOFER Populäre Physik. Wien. 8.
FR. SCHÖDLER Das Buch d. Natur. Braunschw. 8.; ed. V.
POUILLET *Notions générales de physique et de météorologie.* Paris. 8.
F. MARCET *Cours de physique expérimentale.* .... 12.; ed. IV.
ph. H. C. ÖRSTED Aanden i Naturen. Kjøbenh. 2 Vol. 8.
1851. * G. KARSTEN Lehrgang der mechanischen Naturlehre für höhere Unterrichtsanstalten. Kiel 1851—53. 3 Vol. 8.
* H. C. ÖRSTED Der mechanische Theil der Naturlehre. Braunschw. 8.
* C. FLIEDNER Aufgaben aus der Physik. Braunschw. 8.
FRICK Anfangsgründe der Naturlehre. Freib. 8.; ed. II.
Taschenbuch der Physik im ausführlichen und übersichtlichen Auszuge. Leipz. 12.
NIK. WILH. SCHULZE Lehrbuch der Physik u. Meteorologie für alle Stände. Hamburg. 12.
* A. KUNZEK Lehrbuch der Experimentalphysik. Wien. 8.; ed. II.
M. F. RÖLL Die Grundzüge der Naturlehre. Wien. 8.
RUD. WAGNER Taschenbuch der Physik. Leipzig. 16.
* ph. H. C. ÖRSTED Gesammelte Schriften übers. v. KANNEGIESSER. Leipz. 7 Vol. 8.
ph. N. DELLINGSHAUSEN Versuch einer speculativen Physik. Leipz. 8.
ph. K. JOS. PUSCHL Mechanische Theorie der Naturkräfte. Wien. 8.
BOUCHARDAT *physique, avec ses principales applications.* Paris. 18.; ed. III.
C. J. EMY *Cours des sciences physiques et chimiques, appliquées aux arts militaires.* Metz et Paris. 8.
* J. PLATEAU et A. QUETELET *physique.* Bruxelles (ohne Jahr). 2 Hfte. 8.
1852. * W. EISENLOHR Lehrbuch der Physik. Stuttg. 8.; ed. VI.
* JUL. WENCK Die Physik mit Rücksicht ihrer Anwendung auf die Technik. Leipz. 8.
* Aus der Natur. Die neuesten Entdeckungen auf dem Gebiete der Naturwissenschaften. Leipz. 1852—54. 5 Vol. 8.
* F. REICH Leitfaden zu den Vorlesungen über Physik an der Bergakademie zu Freiberg. Freiberg 1852. 53. 2 Vol. 8.
* H. EMSMANN Physikalische Aufgaben. Leipz. 8.
* H. A. BRETTNER Leitfaden für den Unterricht in der Physik. Breslau. 8.; ed. XII.
C. AGTHE Leitfaden beim ersten Unterrichte in der Physik. Hannover. 8.
A. KUNZEK Lehrbuch der Experimentalphysik. Wien. 8.; ed. III.
* Id. Lehrbuch der Physik mit mathematischer Begründung. Wien 1852. 53. 8.
* ph. C. A. WERTHER Die Kräfte der unorganischen Natur in ihrer Einheit und Entwicklung. Dessau. 8.
R. WOLF Taschenbuch für Mathem. und Physik. Bern. 12.

1852. C. Cabart Die Elemente der Physik; deutsch bearb. Leipz. 8.
F. E. J. Crüger Grundzüge der Physik. Erfurt. 8.; ed. II.
Id. Die Schule der Physik, auf einfache Experimente gegründet. Erfurt 1852. 53. 8.
Joh. Müller Lehrbuch der Physik u. Meteorologie. Braunschw. 1852. 53. 2 Vol. 8.; ed. IV.
Frd. Zamminer Die Physik in ihren wichtigsten Resultaten dargestellt. Stuttg. 8.
W. H. C. Bartlett *Elements of natural philosophy.* New-York 1852. 8.
Pouillet *Élémens de physique expérimentale.* Paris. 2 Vol. 8.; ed. VI.

1853. * H. Buff Grundzüge der Experimentalphysik, mit Rücksicht auf Chemie und Pharmacie. Heidelb. 8.
* W. Erler Lehrbuch der Naturlehre für Volksschullehrer. Berlin. 8.
* C. B. Greiss Lehrbuch der Physik für Realanstalten und Gymnasien. Wiesbaden. 8.
* Ph. Spiller Grundriss der Physik. Posen. 8.
* A. Trappe Leitfaden für den Unterricht in der Physik. Breslau. 8.
* G. H. F. Scholl Grundriss der Naturlehre. Ulm. 8.; ed. V.
* F. E. J. Crüger Grundzüge der Physik, als Leitfaden für die mittlere physikalische Lehrstufe bearbeitet. Erfurt. 8.; ed. III.
Id. Die Physik in der Volksschule. Erfurt. 8.; ed. III.
* G. S. Ohm (1789—1854) Grundzüge der Physik. 1853. 54. 2 Abth. 8.
* J. F. Hessler Lehrbuch der Physik nach den Bedürfnissen der Technik. Wien. 8.; ed. II.
L. Euler Physikalische Briefe u. s. w., bearb. von J. Müller. Stuttg. 4 Vol. 8.; ed. II.
Sammlung von Zeichnungen mathematischer und physikalischer Instrumente. Cassel. 8.
H. Kern Die Naturlehre, methodisch bearbeitet für den elementaren Unterricht. Halle. 8.
Pouillet *Notions générales de physique et de météorologie.* Paris. 12.
* Paret et Legouez *Encyclopédie classique comprenant ...... la physique, la chimie etc.* Paris. 8.

1854. * F. Arago Werke. Deutsche Origin.-Ausg. hsgeg. von Hankel. Leipz. 1854—.... ... Vol. 8.
* ph. A. Tellkampf Physikalische Studien. Hannover. 8.
O. Ule Physikalische Bilder im Geiste kosmischer Anschauung. Halle. 8.
* Fr. Schödler Das Buch der Natur. Braunschw. 8.; ed. VIII.
* Benj. Witzschel Die Physik fasslich dargestellt nach ihrem neuesten Standpunkte. Leipz. 8.
J. A. F. Fladung Populäre Vorträge über Physik für Damen. Wien. 2 Vol. 16.; ed. III.
K. Koppe Anfangsgründe der Physik. Essen. 8.; ed. V.
Hans Chr. Örsted Gesammelte Werke. Leipz. 6 Vol. Kl.-8.
F. Arago *Works; transl. by* W. H. Smyth, E. Sabine, Baden Powell *and* Rob. Grant. London 1854—.... ... Vol. 8.
F. Schödler *Introductory manual of the natural sciences.* London. 8.; ed. II (?).
ph. Jos. Morand *Essai sur la philosophie naturelle, principes généraux de l'astronomie, de la physique etc.* Paris. 12.
V. Regnault *Cours élémentaire de physique.* Paris. 4 Vol. 12.
A. Ganot *traité élémentaire de physique expérimentale.* Paris. 18.; ed. III.
* F. Arago *Oeuvres complètes publiées d'après son ordre sous la direction de* J. A. Barral. Paris 1854—.... ... Vol. 8.

Kapitel II.

Philosophische Einleitung in die Encyklopädie der Physik.

§. 34. Die philosophische Einleitung in die Encyklopädie der Physik soll die Stellung, welche die Physik unter den Naturwissenschaften einnimmt, ihre Grundbegriffe und die Methoden ihres Erkennens darstellen.

1. Die Aufgabe der Philosophie besteht im Allgemeinen darin, die Methoden und die Grundbegriffe der Wissenschaften zu untersuchen und darzustellen. Der Theil der Philosophie, welcher von den Methoden des Erkennens handelt, wird Logik genannt. Da die Grundbegriffe der Wissenschaften doppelter Art sind, von denen ein Theil sich auf die Naturwissenschaften, ein anderer auf die praktischen und historischen Wissenschaften bezieht, so zerfällt die philosophische Wissenschaft von diesen Begriffen in zwei besondere Theile, in die Metaphysik oder die theoretische Philosophie, welche die Grundbegriffe der Naturwissenschaften, und in die Ethik oder die praktische Philosophie, welche die Grundbegriffe der historischen und praktischen Wissenschaften darstellt. Auf dieser Sonderung beruht die Eintheilung der Philosophie, welche wir schon bei den Alten finden, in Dialektik, Physik und Ethik. Unter Physik verstanden die Alten die Wissenschaft von dem Wesen und dem Ursprunge aller Dinge, welche man später Metaphysik oder theoretische Philosophie genannt hat. Dieser Theil der Philosophie wurde zuerst ausgebildet, indem die vorsokratischen Schulen, die Jonier, die Eleaten, die Pythagoräer, die Atomisten, vorzüglich die Lehren der philosophischen Physik entwickelten. Zu diesen naturphilosophischen Bestrebungen kam durch Sokrates die Untersuchung der ethischen Probleme der Philosophie hinzu, weshalb er als Gründer der Ethik angesehen wird. Erst durch Plato und Aristoteles ward auch der dritte Theil der Philosophie, die Dialektik, welche wir jetzt Logik nennen, zur Ethik und Physik hinzugefügt, sodass man die Geschichte der griechischen Philosophie als eine Entwickelung der drei Haupttheile der Philosophie ansehen kann. In der angegebenen Ordnung sind allmälig zu den naturphilosophischen erst die ethischen und endlich auch die logischen Untersuchungen hinzugefügt worden. Den Anfang und die Grundlage von allen Theilen der Philosophie bildete indess die Physik.

2. Die Physik der Alten umfasst nicht blos, was wir gegenwärtig die mechanische Naturlehre nennen, sondern auch die Physiologie, die Psychologie, die Theologie, überhaupt alle Begriffe der Wissenschaften, welche sich auf das Dasein und das Wesen, den Ursprung und die Veränderungen der Dinge beziehen. So bildete die Physik einen Gegensatz zur Ethik, welche die Begriffe untersucht, die sich auf den Endzweck der Dinge, auf den Willen, der solche Endzwecke verwirklichen soll, auf die Dinge, nach dem, was sie sein sollen, beziehen. Beide Wissenschaften umfassen daher vollständig den Inhalt unseres Erkennens, da jeder Gegenstand theils rein theoretisch, blos als ein Object des Erkennens nach seinem Dasein, Wesen und Ursprung, theils aber auch ethisch als ein Gegenstand des Willens, nach dem, was er sein soll, betrachtet werden kann. Rein theoretisch betrachten wir die Dinge, wie sie unabhängig von unseren

Bestrebungen und den Empfindungen des Wohlgefallens und Missfallens, das wir an ihnen haben, existiren; praktisch aber oder moralisch wird die Erkenntniss genannt, welche die Dinge nach dieser Beziehung auf den Willen und das Gemüth des Menschen in Erwägung zieht. Die rein theoretische Erkenntniss gehört der Physik und der Metaphysik an, die praktische ist den ethischen Wissenschaften eigenthümlich. Die theoretische Erkenntniss heisst auch die verständige, da der Verstand als ein Vermögen des Menschen angesehen wird, die Dinge unabhängig von den Gemüthsbewegungen, die sie veranlassen, zu erkennen. Wären wir daher blos intelligente Wesen ohne Herz und Willenskraft, so würden wir nur theoretische Wissenschaften, nur Physik und Metaphysik besitzen. Der Mensch besitzt aber nicht blos die Fähigkeit, Dinge gewahr zu werden, sondern auch dadurch zu Empfindungen von dem leiblichen und geistigen Wohl und Uebel und zu Willensentschlüssen veranlasst zu werden, und kann daher auch Alles, was Gegenstand seiner theoretischen oder naturwissenschaftlichen Erkenntniss ist, zu einem Object der praktischen und moralischen Beurtheilung machen, woraus die Wissenschaften hervorgehen, welche wir ausser den Naturwissenschaften noch annehmen. Allein aus diesem Verhältniss der metaphysischen zur ethischen Erkenntniss erhellt auch zugleich, dass, wenn auch durch die ethische Erkenntniss ein neuer Gesichtspunkt in der Betrachtung der Dinge hinzukommt, die Grundlage aller Erkenntniss doch die metaphysische bildet, welche jener vorhergehen muss, da die praktischen und moralischen Empfindungen und Bestrebungen, die Gemüthsbewegungen und Willensentschlüsse durch vorhergehende Erkenntnisse veranlasst und bedingt sind. Deshalb giebt es in allen moralischen und praktischen Wissenschaften auch zugleich metaphysische Erkenntnisse, welche für sich namentlich in den Naturwissenschaften enthalten sind.

Diese beiden Erkenntnissarten umfassen vollständig den Inhalt aller Wissenschaften. Die Form und Methode des Erkennens aber untersucht die Logik, welche deshalb auch die formale Philosophie im Gegensatz zu der realen genannt wird, die in den physischen und ethischen Wissenschaften enthalten ist. Sie ist das Organon der Wissenschaften, wie Baco sie genannt hat, und enthält ihre Methodologie und Architektonik, wodurch sie mit allen Wissenschaften, mit der Metaphysik und Ethik einen Gegensatz bildet, da sie die Art, wie wir durch das Denken erkennen, was ursprünglich empfunden und angeschaut worden ist, untersucht. Mehr ist an einer Wissenschaft nicht zu unterscheiden als die Methode ihres Erkennens und die Grundbegriffe, wodurch sie ihren Gegenstand erkennt, welche theils ethische, theils metaphysische sind. Von diesen Grundbegriffen und Methoden des Erkennens ist aber, wie wir bemerkt haben, die Philosophie die allgemeine Wissenschaft, welche mit allen besondern aus der Erfahrung durch ihr Problem in Verbindung und in Wechselwirkung steht, da sie die Methode und die Grundbegriffe des Erkennens nur untersuchen kann, sofern die Erfahrungswissenschaften eine Erkenntniss der Dinge in sich ausgebildet haben. Eine Philosophie aber, welche nicht zugleich die Philosophie der Erfahrungswissenschaften ist, die das eigentliche Object derselben bilden, sondern die auch ohne dieselben sich meint ausbilden zu können, oder die wohl gar die Stelle der Erfahrungswissenschaften will vertreten können, vermögen

wir von unserem Standpunkte aus nicht anzuerkennen. Denn nur neben den Erfahrungswissenschaften ist die Philosophie die allgemeine Wissenschaft von den Methoden und Grundbegriffen des Erkennens.

3. In der philosophischen Einleitung, welche wir hier darzustellen beabsichtigen, werden wir die Aufgabe, welche die Philosophie im Allgemeinen für alle Wissenschaften hat, insonderheit in Betreff der Physik auszuführen haben. Dazu wird zuerst erforderlich sein, dass wir aus der Eintheilung der Naturwissenschaften die Stellung erkennen, welche die Physik unter ihnen einnimmt, woran alsdann die Untersuchung über ihre Aufgabe im Besonderen sich anschliesst. Damit verbinden sich ferner die Untersuchungen über die Methoden des Erkennens, wodurch die Naturwissenschaften im Allgemeinen und die Physik im Besonderen ihre Ausbildung erreicht haben. Endlich werden wir die Grundbegriffe des Erkennens in Betracht ziehen, welche für die Physik von besonderer Bedeutung sind, wie die Begriffe von der Materie der Kraft u. s. w., die allgemeine Voraussetzungen aller Naturwissenschaften enthalten.

I. Von der Eintheilung der Naturwissenschaften und dem Begriffe der Physik.

§. 35. Die Naturwissenschaften werden eingetheilt in die Naturgeschichte, welche das besondere Wesen, und in die Naturlehre, welche das allgemeine Wesen der Naturproducte erkennt. Die Naturgeschichte zerfällt in die classificatorische Naturgeschichte, die Geschichte der Natur und die physikalische Geographie.

1. Auf die Eintheilung der Wissenschaften hat schon Baco seine Aufmerksamkeit gelenkt. Sie enthält wie die Methode des Erkennens ein Problem der Philosophie, welche als die allgemeine Wissenschaft die Sonderung und Gliederung des Systems aller Wissenschaften entwerfen muss. Durch eine solche Eintheilung wird nicht nur der Zusammenhang der Wissenschaften unter einander erkannt, sondern sie befördert auch die richtige Ausbildung der einzelnen Wissenschaften, da der Mensch überall nur durch eine Sonderung der Thätigkeiten und Probleme, in der Praxis wie in der Theorie, im Leben wie in den Wissenschaften, die Zwecke, welche ihm von Natur gestellt sind, zu erreichen vermag. Nicht blos damit der einzelne Denker und Forscher Theil haben kann an der Lösung der an sich überschwänglichen Aufgabe der Wissenschaften, sondern auch für die Wissenschaften selbst nach der inneren Natur der Erkenntnisse, welche sie beschaffen, ist eine Gliederung und Ordnung derselben nothwendig. Sie sind nicht ein so einfaches Gewebe, das ohne vorhergehende Sonderung der Fäden, welche es zusammensetzen, gebildet werden könnte, sondern ein sehr zusammengesetztes Gewebe bilden sie, das nichts Geringeres als den kunstvollen Bau der ganzen Welt im Abbilde darstellen soll und daher auch nur durch eine vorhergehende Sortirung seiner Elemente gewonnen werden kann. Für die Wissenschaften selbst wie für die Denker und Forscher, welche an der Lösung ihrer Aufgaben sich mit beschäftigen wollen, ist ihre Eintheilung daher von nicht geringer Bedeutung.

2. Die Logik belehrt uns, dass bei einer Eintheilung zweierlei zu beachten ist, erstens die Erklärung des einzutheilenden Begriffes und zweitens der Grund der Eintheilung, wodurch die Zahl und Beschaffenheit ihrer Glieder bestimmt wird. Die Annahme, dass alle Eintheilungen von Begriffen eine bestimmte Anzahl von Gliedern haben müssen, zwei-, drei- oder viergliederig sein sollen, können wir nur als ein Vorurtheil ansehen, das entsprungen ist aus einer mangelhaften Kenntniss der Logik, welche einen solchen Schematismus durch ihre angegebenen Bestimmungen über das Wesen einer Eintheilung nicht begünstigt, wonach die Zahl und Beschaffenheit der Glieder einer Eintheilung vielmehr abhängig ist von dem Inhalte des einzutheilenden Begriffes und dem Grunde der Eintheilung. Der drei- oder viergliederige Schematismus, den die deutsche Philosophie als den Grundtypus, wonach alle Dinge in der Welt erschaffen sein und begriffen werden sollen, aufgestellt hat, würde nur annehmbar sein, wenn alle unsere Begriffe denselben Inhalt und alle Eintheilungen denselben Grund hätten. Da dies aber nicht der Fall ist, vielmehr unsere Begriffe einen sehr verschiedenen Inhalt haben, der nach verschiedenen Gesichtspunkten eingetheilt werden kann, so ist dies schematische Verfahren der dreigliederigen Eintheilungen, welches den Naturwissenschaften durch die SCHELLING'sche Naturphilosophie, den übrigen Wissenschaften aber vornehmlich durch die Anhänger HEGEL's bekannt geworden ist, weder in der Logik noch überhaupt in dem Wesen der menschlichen Erkenntniss begründet. Man darf dieses schematische Verfahren daher auch nicht für eine Eigenthümlichkeit der philosophischen Erkenntniss halten, welche nicht weniger als die empirische von der Gesetzmässigkeit des Denkens, wie sie von der Logik gelehrt wird, in ihrer Gültigkeit und Wahrheit abhängig ist.

3. Was die Erkenntniss der Naturwissenschaften insgesammt angeht, so ist dieselbe, wie wir schon angegeben haben, eine rein theoretische oder metaphysische, weshalb die Franzosen sie auch *les sciences* schlechthin nennen, denen sie *les lettres* entgegensetzen, worunter die moralischen und praktischen Wissenschaften verstanden werden, die eine Kunstlehre in sich enthalten und sich dadurch auf die freie Thätigkeit des Menschen beziehen. Solche Wissenschaften können auch aus den Naturwissenschaften hervorgehen, da eine jede von ihnen zur Bildung einer Kunstlehre Anlass giebt, allein diese gehören nicht selbst zu den Naturwissenschaften, da sie nicht von der Natur der Dinge, sondern von der Kunst des Menschen handeln, wodurch er die Natur für seine Zwecke einrichtet, weshalb sie bei einer Eintheilung der Naturwissenschaften auch nicht mit in Betracht zu ziehen sind. In diesem Sinne kann man die Medicin nicht zu den Naturwissenschaften rechnen, sofern die Heilung der Krankheiten durch die Kunst des Menschen den Zweck und Inhalt ihrer Erkenntniss bildet. Wohl bilden Naturwissenschaften ihre Grundlage, wie dies bei allen praktischen und moralischen Wissenschaften, bei allen Kunstlehren der Fall ist, nicht aber eine theoretische, sondern nur eine praktische Erkenntniss macht ihr Wesen insonderheit aus. In demselben Verhältniss aber wie die Medicin stehen alle technischen Wissenschaften zur Naturkunde.

4. Durch die rein theoretische oder metaphysische Erkenntniss ist das Wesen der Naturwissenschaften bestimmt. Naturwissenschaft im engeren Sinne

pflegt man indess nur die Wissenschaften von der körperlichen Natur zu nennen, in welchem Falle die ihnen eigenthümliche theoretische und metaphysische Erkenntniss der Dinge ein grösseres Gebiet hat, als das der Naturwissenschaft ist, da es nicht blos von der körperlichen, sondern auch von der geistigen Natur der Dinge, soweit uns dies wenigstens bei dem Menschen bekannt ist, eine theoretische und metaphysische Erkenntniss giebt. In diesem Sinne giebt es z. B. eine Naturlehre des Staates, da auch der Staat auf einer Natur des menschlichen Geistes gegründet ist, wie in dem Geselligkeitstrieb des Menschen und andern Elementen der Staatenbildung. Wird daher das Wort Naturwissenschaften im engeren Sinne genommen, wo es die Wissenschaften von der körperlichen Natur bedeutet, so schliesst man damit die psychologischen Wissenschaften von ihnen aus, welche gleichfalls eine theoretische und metaphysische Erkenntniss enthalten und im weiteren Sinne des Wortes Naturwissenschaften sind. Wir werden hier indess nur die Naturwissenschaften im engeren Sinne des Wortes, wobei nicht blos von den moralischen und praktischen, sondern auch von den psychologischen Wissenschaften abgesehen wird, nach ihrer Eintheilung in Betracht zu ziehen haben.

5. Die allgemeinste Eintheilung der Naturwissenschaften ist die in die Naturgeschichte und die Naturlehre. Wenn die Naturwissenschaften insgesammt ein Ganzes bilden, sofern sie die theoretische Erkenntniss von der körperlichen Natur enthalten, weshalb die Artefacten für sich kein Object der Naturkunde sind, so besteht doch dies Ganze aus verschiedenen Wissenschaften, deren Erkenntniss nach Inhalt und Umfang eine verschiedene ist. Dies ist nun zuerst hinsichtlich der genannten beiden Theile zu bestimmen. Da die Naturlehre wie die Naturgeschichte die ganze materielle Welt zum Objecte haben, indem jeder einzelne Gegenstand der Natur von beiden Wissenschaften in Untersuchung gezogen werden kann, — denn der Bernstein ist sowohl ein Object der physikalischen wie der mineralogischen, der Mensch ein Object der physiologischen wie der zoologischen Untersuchungen, — so werden sie sich von einander unterscheiden, entweder nur durch ihre Betrachtungsweise und Erkennungsart, oder dadurch, dass jeder einzelne Gegenstand in der Natur zwei Seiten an sich hat, welche zu einer gesonderten Erkenntniss desselben Anlass giebt. Und dass es wirklich so ist, ist nicht schwer zu erkennen. Denn jeder Gegenstand der Erkenntniss kann betrachtet und untersucht werden, theils nach seinem besonderen und ihm eigenthümlichen Wesen, wodurch er sich von andern unterscheidet, theils aber nach seinem allgemeinen Wesen, worin er mit andern Gegenständen übereinstimmt. Aus der ersten Betrachtungsweise geht die Naturgeschichte, aus der andern die Naturlehre hervor, denn jene sucht das besondere, unterscheidende Wesen der einzelnen Gegenstände zu erkennen, während die Naturlehre ihr allgemeines und gleiches Wesen, worin sie alle übereinstimmen, zu erklären strebt. Die Physik erklärt das allgemeine Wesen der unorganischen Materie, die Mineralogie aber erkennt ihr unterscheidendes und besonderes Wesen. Ebenso erklärt die Physiologie das allgemeine Wesen der Thiere, die Zoologie aber erkennt ihr besonderes Wesen, wie es sich eigenthümlich in den verschiedenen Lebens- und Gestaltungsformen der Thierarten darstellt. Die Historie ist überall bestrebt, das besondere

und eigenthümliche Wesen der Dinge, wodurch sie sich von einander unterscheiden, zu erkennen. Sie enthält ein concretes Denken, worin alle allgemeinen Begriffe, nur wie sie im Besonderen und Einzelnen sich darstellen, in Betracht kommen, während die Naturlehre von dieser Mannigfaltigkeit das Besondere abstrahirt und die allgemeinen Begriffe, welche zur Erkenntniss der Dinge dienen, in Betracht zieht, damit wir ihr allgemeines und gleiches Wesen erkennen. Diese Sonderung der Wissenschaften hat daher in den Gegenständen ihren Grund, sofern an diesen ein allgemeines und besonderes Wesen unterschieden werden kann, in uns aber in der Fähigkeit, das eine von dem andern zu unterscheiden und zum Objecte besonderer Untersuchungen zu machen.

— 6. Naturgeschichte und Naturlehre pflegt man dadurch von einander zu unterscheiden, dass man jene eine beschreibende Wissenschaft von den bleibenden und charakteristischen Eigenschaften der Dinge, die Naturlehre aber eine erklärende Wissenschaft von den Veränderungen der Dinge aus ihren Gesetzen, Kräften und Ursachen nennt. Diese Bestimmungen halten wir nicht für zureichend, um das Wesen und die Aufgabe dieser Wissenschaft genügend zu charakterisiren, weil Beschreibungen, Erklärungen, Eintheilungen und Vergleichungen Erkenntnissmittel aller Wissenschaften sind, wodurch sie sich nicht wesentlich, sondern nur dem Grade nach von einander unterscheiden, indem die eine mehr des einen, die andere mehr des andern Erkenntnissmittels sich bedient, weshalb sie nur Stufen in der Entwickelung einer Wissenschaft bezeichnen. Wir glauben daher auch, dass diese Kennzeichen der Beschreibung und der Erklärung, worin das Wesentliche der Naturgeschichte und der Naturlehre bestehen soll, von beiden Wissenschaften gleich sehr gültig sind. Denn auch die Naturgeschichte ist nach ihrer Aufgabe eine erklärende Wissenschaft, welche dazu der Begriffe des Gesetzes, der Ursachen und Kräfte sich bedienen muss, die allgemeine Grundbegriffe aller Naturwissenschaften sind und keiner besonderen ausschliesslich angehören, da in der Naturgeschichte die Beschreibungen nur dazu dienen sollen, uns eine erklärende Erkenntniss von dem besonderen Wesen der Dinge zu geben, was immer nur möglich ist durch die Auffindung von Gesetzen, Ursachen und Kräften der Erscheinungen. Solche Gesetze liegen aber offenbar in den Begriffen der Arten und Gattungen, wenn wir diese auch zur Zeit nur noch ungenügend kennen, woraus die Naturgeschichte die Lebens- und Gestaltungsformen der einzelnen Naturwesen erklärt. Es sind das ebenso wohl Gesetze, wie das Gesetz, wonach die Körper fallen, nur beziehen sie sich auf das besondere und nicht auf das allgemeine Wesen der Dinge, wonach wir die Erkenntnisse der Naturlehre und der Naturgeschichte unterschieden haben. Des Mittels der Beschreibung bedient sich aber die Naturlehre nicht weniger als die Naturgeschichte, nur achtet sie dabei nicht wie diese auf das besondere und unterscheidende Wesen der Dinge. Beschreibungen und Erklärungen sind Mittel der Erkenntniss in allen Wissenschaften, bei der Naturgeschichte aber zur Erkenntniss des besonderen und bei der Naturlehre zur Erkenntniss des allgemeinen Wesens der Dinge für sich. Der Zweck der Wissenschaften würde aber nicht erreicht werden, wenn nur das allgemeine, nicht aber auch das besondere Wesen der Gegenstände erklärt wird, was immerhin nur möglich ist, wenn ausser den allgemeinen Ge-

setzen, welche die Naturlehre aufzufinden bestrebt ist, auch besondere Gesetze entdeckt werden, woraus wir das eigenthümliche und unterscheidende Wesen der Dinge verstehen können, da eine blosse Beschreibung von etwas nicht die besondere Aufgabe einer Wissenschaft sein kann.

7. Zur Naturgeschichte rechnen wir die classificatorische Naturgeschichte der drei Reiche, die allgemeine Naturgeschichte und die Geographie, soweit sie zu den Naturwissenschaften gehört. Insgesammt sind sie bestrebt, das besondere Wesen der Dinge zu erkennen; dazu aber ist erforderlich erstens eine Erklärung derselben nach den Gesetzen der Art, der Gattung, der Familie, der Ordnung, wozu sie gehören; zweitens eine Erklärung aus den zeitlichen und drittens aus den räumlichen Verhältnissen und Bedingungen, denen ihr Dasein und Leben unterworfen ist. Mit der ersten Aufgabe beschäftigt sich die Naturgeschichte der drei Reiche, mit der zweiten die allgemeine Naturgeschichte, mit der dritten die Geographie.

8. Die Naturgeschichte der drei Reiche nennt man auch eine classificatorische Wissenschaft, da sie das besondere Wesen der Dinge durch Classificationen nach Arten, Gattungen, Ordnungen, Reichen zu erkennen bestrebt ist, wobei man absieht von den räumlichen und zeitlichen Bedingungen, denen die Dinge unterworfen sind. Die classificatorische Naturgeschichte, wenn sie auch die Zeit und den Ort des Vorkommens der Pflanzen, Thiere und Steine erwähnt, hat doch nur die Absicht, die verschiedenen Naturproducte durch Classificationen zu erkennen, weshalb sie Naturkörper, die nach ihren räumlichen und zeitlichen Verhältnissen sehr verschieden sind, doch zur Einheit eines Begriffes zusammenfasst, falls sie in ihren Art- und Gattungscharakteren übereinstimmen. Die Classificationen sind indess nicht der Zweck, sondern das Mittel der Erkenntnisse, die sie sucht, denn sie will daraus das besondere Wesen der Dinge verstehen lernen. Dass sie diese Aufgabe nicht in allen Stücken schon gelöst hat, berechtigt uns nicht, die Mittel, welche sie dazu anwendet, als den Zweck der Naturgeschichte anzusehen. Mit der blossen Sammlung der merkwürdigen Naturbildungen und ihrer Abtheilungen nach einem sogenannten künstlichen Systeme, welches als ein Register dient, muss sie sich oft noch begnügen, wo sie die natürlichen Ordnungen und die Erklärungen des Einzelnen daraus noch nicht hat finden können. Jenes sind jedoch nur Mittel, dies aber der Zweck der naturgeschichtlichen Erkenntniss.

9. Von der classificatorischen Naturgeschichte hat man angefangen eine geschichtliche Naturwissenschaft zu unterscheiden, welche früher nur in den Mythologien der Völker und den Kosmogonien der Philosophen einen Platz hatte, die aber jetzt auch als eine besondere Naturwissenschaft in dem Systeme derselben einen abgesonderten Ort einnimmt, wenn ihre Benennung gleich noch etwas schwankend ist, da sie bald Geschichte der Natur, bald allgemeine Naturgeschichte, bald Geschichte der Schöpfung heisst oder auch noch andere, mehr besondere Namen, wie Paläontologie, führt. Am passendsten ist vielleicht die Benennung: Geschichte der Natur, worin blos die beiden Bestandtheile des Wortes Naturgeschichte umgestellt sind, wie man ähnlich Thiergeschichte und Geschichte der Thiere sagen kann. Ihre Betrachtung und Erkenntniss von dem

besonderen Wesen der natürlichen Dinge ist eine andere als die der classificatorischen Naturgeschichte, welche sie in einem wesentlichen Stücke ergänzt, da zur geschichtlichen Erkenntniss vor Allem auch die Betrachtung der zeitlichen Verhältnisse und Bedingungen gehört, denen das Dasein und Leben der Dinge unterworfen ist, womit sich die Geschichte der Natur beschäftigt. Es sind zwei ganz verschiedene Betrachtungsweisen, die diesen beiden geschichtlichen Naturwissenschaften eigen sind. Während die eine zur Erkenntniss des besonderen Wesens der Dinge ein System von Begriffen entwirft, das natürliche Ordnungen der Dinge darstellen sollen, die von Raum und Zeit unabhängig sind, ist die Geschichte der Natur bestrebt, die gegenwärtigen Naturbildungen aus den vergangenen Zuständen zu erklären, die ihnen nicht in unseren Begriffen, sondern in der Wirklichkeit selbst vorhergegangen sind. Der Geschichtschreiber der Natur ist daher zugleich ein Alterthumsforscher, der die Veränderungen, welche die Floren und Faunen auf der Erde und ihre eigenen Bildungen, wie sie zeitlich erfolgt sind, angehen, erforschen will. Eine solche Geschichte der Naturproducte im Einzelnen und im Ganzen, der Gebirgs-, Thier- und Pflanzen-Arten, der Weltkörper selbst, wird einst die Stelle der Vermuthungen einnehmen, welche, in den alten Mythologien und Kosmogonien enthalten, uns ein Zeugniss sind, dass diese Art der Naturforschung nach dem Ursprunge der Dinge in der That die älteste ist, welche von Anfang an die Aufmerksamkeit der Menschen fesselte, die aber als wirkliche Wissenschaft die jüngste aller Naturwissenschaften ist.

40. Zur Geschichte steht die Geographie im Verhältnisse wie die Zeit zum Raume. Beide sind Wissenschaften von der wirklichen Raum- und Zeiterfüllung, die mit der classificatorischen Naturwissenschaft dasselbe Erfahrungsgebiet umfassen, welches sie aber nur nach allgemeinen Begriffen in Betracht zieht, während die Geographie und die Geschichte der Natur dasselbe, wie es für die Anschauung wirklich ist, erforscht. Wenn die Geschichte die Begebenheiten betrifft, welche in Ansehung der Zeit sich nach einander zugetragen haben, so bezieht sich die Geographie auf die Erscheinungen, die sich in Ansehung des Raumes zu gleicher Zeit ereignen. Jene enthält eine Beschreibung der Zeit, diese eine Beschreibung dem Raume nach. Die Verhältnisse, Sphären und Gesetze der Verbreitung der Dinge im Raume beschäftigen die Geographie, wozu auch die physische Sternkunde gerechnet werden muss, welche eine Geographie des Sternenhimmels ist. Die Untersuchung über den Ursprung des Menschengeschlechts gehört der paläontologischen Naturwissenschaft oder der Geschichte der Natur an, die Eintheilung des Menschengeschlechts in verschiedene Racen der classificatorischen Naturgeschichte, die Verbreitung derselben aber auf den verschiedenen Continenten ist ein Gegenstand der Geographie. Die Untersuchungen dieser Wissenschaften zur Erforschung des besonderen Wesens der Dinge greifen so in einander ein und bilden ein Ganzes wie der Raum, die Zeit und ihre Erfüllung durch die Dinge selbst. Die Begriffe des Raumes, der Zeit und der Artbestimmung der Dinge sind daher auch die besonderen Grundbegriffe dieser Abtheilung der Naturwissenschaft, da alles Besondere an den Gegenständen unserer Erkenntniss durch Art-, Raum- und Zeit-Verhältnisse bestimmt ist, welche sie zu beschreiben und zu erklären bestrebt sind.

§. 36. Die Naturlehre, welche das allgemeine Wesen der Naturproducte erkennt, erklärt das Bestehen und die Veränderungen der organischen und unorganischen Körper und zerfällt in Anatomie und Physiologie, Chemie und Physik.

1. Die drei geschichtlichen Naturwissenschaften bilden das Fundament und eine Einleitung für die Naturlehre, deren allgemeine Erkenntnisse sie anwenden. In diesem Verhältnisse der beiden Haupttheile der Naturwissenschaften zu einander liegt aber nicht das eigenthümliche Wesen derselben. Die Naturgeschichte liefert wohl ein Material für die Inductionen und Exemplificationen der allgemeinen Gesetze, welche die Naturlehre enthält, diese Sammlung eines Materials für die Induction und Exemplification allgemeiner Gesetze erfüllt aber nicht die innere Aufgabe der naturgeschichtlichen Disciplinen. Beide Haupttheile der Naturwissenschaften sind wechselseitig für einander Zweck und Mittel, indem die eine ein Material sammelt, woraus die andere Gesetze inducirt, welche jene wieder im Einzelnen anwendet. In diesem Verhältnisse, das sie zu einander haben, ist aber nicht ihre innere, ihnen eigenthümliche Aufgabe erschöpft, da die Naturlehre noch ein anderes Material gebraucht, als die Naturgeschichte liefert, und diese noch andere Gesetze zur Erklärung ihres Materials auffinden muss, als ihr von den Disciplinen der Naturlehre übergeben werden. Denn die Naturlehre muss, um den Stoff der Naturgeschichte gebrauchen zu können, von den besonderen Art-, Zeit- und Raum-Bestimmungen absehen, um das allgemeine Wesen der Naturdinge daran zu erkennen, welche indess gerade die Aufmerksamkeit des Naturhistorikers erregen. Ebenso bedarf die Naturgeschichte, wenn sie, wie es der Fall ist, nicht blos beschreiben, sondern auch erklären soll, immer noch besonderer Gesetze, als die Disciplinen der Naturlehre enthalten. Im Verhältnisse zu einander sind sie sich wechselseitig Zweck und Mittel, ausserdem aber hat eine jede von ihnen auch ihre innere Aufgabe, welche nur durch ihre besondere Erkenntnissart in Beschreibungen und Erklärungen gelöst werden kann und die in einer Richtung der Erkenntniss auf das allgemeine Wesen der Naturproducte für sich und auf ihr besonderes Wesen besteht.

2. Was der Naturhistoriker zusammen an einem Gegenstande betrachtet, nämlich sein Bestehen und seine Veränderungen, macht der Naturlehrer zum Objecte verschiedener Untersuchungen, da er nicht das besondere, sondern nur das allgemeine Wesen der Dinge erforschen will. Wenn dies aber die Absicht unserer Untersuchungen über die Natur der Dinge ist, so bleibt für eine gesonderte Betrachtung derselben keine andere Verschiedenheit übrig, als die in den Veränderungen und die in dem Bestehen der Dinge liegt, seien diese nun organische oder unorganische Naturproducte. Ihre Veränderungen sucht die Physik und die Physiologie aus Ursachen und Kräften nach allgemeinem Gesetze zu erklären, ihr Bestehen aber aus verschiedenen Stoffen und Organen die Chemie und die Anatomie.

3. Wenn man als einen Charakter der Disciplinen der Natur vornehmlich angiebt, dass sie erklärende Wissenschaften sind, so erstrecken sich die Erklärungen der Wissenschaften vorzüglich auf zweierlei. Wir erklären etwas, wenn

wir Veränderungen aus ihren Ursachen, aber auch erklären wir etwas, wenn wir den Zusammenhang, worin das Einzelne im Ganzen steht, begreifen. Die Begriffe und Erklärungen beziehen sich sowohl auf Veränderungen wie auf das Bestehen der Dinge. Nicht blos jenes, die Veränderungen, sondern auch dieses, das Bestehen der Dinge, erfordert eine Erklärung, wonach wir die Disciplinen der Naturlehre in Physik und Physiologie, Chemie und Anatomie eingetheilt haben.

4. Dass es die Aufgabe der Physik und der Physiologie ist, die Veränderungen der organischen und unorganischen Naturproducte aus ihren Ursachen zu erklären, wird allgemein angenommen. Hinsichtlich der andern beiden Disciplinen der Naturlehre, der Anatomie und namentlich der Chemie, ist unsere Bestimmung ihrer Aufgabe etwas abweichend von den gewöhnlichen Erklärungen derselben. Zunächst wird es auffallen, dass wir beide, Chemie und Anatomie, unter den einen Begriff zusammenstellen, dass sie das Bestehen der Dinge erklären sollen. Das Bestehen der Gegenstände unserer Anschauung, wenn wir von ihren Veränderungen absehen, liegt in dem Zusammenhang, worin das Mannigfaltige, was wir an ihnen unterscheiden können, mit der Einheit sich befindet, die sie bilden. Die Naturproducte sind eine Einheit aus einer Vielheit von Elementen. Wie sie ein Ganzes bilden durch die Zusammensetzung von Elementen, muss daher ebenso wohl erklärt werden als die Veränderungen, welche sie als solche betreffen. Die Chemie ist nun eine Wissenschaft, welche sich mit der Auffindung der materiellen Bestandtheile der Körper und ihrer Verbindungen beschäftigt. Man hat sie aber als eine zweite Physik aufzufassen versucht, welche wie diese mit der Erklärung der Veränderungen, der Bewegung, der Anziehung und Abstossung sich beschäftigt. Um sie aber von der Physik doch zugleich zu unterscheiden, gab man an, dass die Chemie sich mit Ursachen und Gesetzen der Anziehung und Abstossung der ponderablen Materie „in unmessbarer Entfernung“ beschäftige, und diese „unmessbare Entfernung“ bezog man auf die Anziehung und Abstossung „unter den Atomen“. Diese beiden Begriffe „der Atome und der unmessbaren Entfernungen“ aber, wenn sie auch etwas Denkbares enthalten, sind doch so rein hypothetischer Art, dass sie sicherlich nicht in die Erklärung von dem Begriffe und der Aufgabe einer Wissenschaft aufgenommen werden dürfen, da sie alsdann nur Vorurtheile der Wissenschaft bleiben können, die man nicht durch die Lösung ihrer Aufgabe zu verificiren vermag, weil die Gültigkeit solcher Bestimmungen in der Erklärung von dem Begriffe einer Wissenschaft von vornherein angenommen wird, die doch sehr des Beweises bedarf. Von „unmessbaren Entfernungen“ werden wir ausserdem wohl niemals eine Wissenschaft erlangen, was nur durch die Anwendung eines Maasses möglich ist. Zur Annahme von solchen rein hypothetischen Bestimmungen über Atome und ihre unmessbaren Entfernungen unter einander in der Erklärung ihrer Aufgabe wurde die Chemie nur genöthigt, da sie als eine zweite Art der Physik gelten sollte. Wenn diese die Veränderungen aus Ursachen, nach Gesetzen erklärt, so wird die Chemie wie jede andere Naturwissenschaft wohl eine Anwendung der physikalischen Lehren für den Zweck ihrer Erkenntniss enthalten können, da überall die Erkenntniss der einen Wissenschaft Anwendung

in andern Wissenschaften findet, nicht aber in diesen Anwendungen fremder Erkenntnisse liegt das Wesen einer Wissenschaft und so auch nicht das der Chemie in der Exemplification physikalischer Lehren. Denn jede Wissenschaft hat ihre besondere Aufgabe, welche auch nur durch eine besondere Erkenntnissart gelöst werden kann, und diese liegt für die Chemie, wie wir meinen, darin, dass sie wie die Anatomie das Bestehen der Dinge nach Gesetzen erklärt, nicht aber wie die Physiologie und die Physik die Veränderungen der Naturproducte aus ihren Ursachen.

5. Wenn wir aber das Bestehen der Dinge in Betracht ziehen, so werden wir bald gewahr, dass davon eine zweifache Erklärung und Wissenschaft möglich und nothwendig ist, woraus die Verschiedenheit von Chemie und Anatomie sich ergeben wird. Von demselben Naturproducte kann es hinsichtlich seines Bestehens eine chemische und eine anatomische Erkenntniss geben, wie es bei allen organischen Naturproducten der Fall ist, woran man daher ihre Verschiedenheit am besten erkennen wird. Der Anatom erkennt durch Zergliederungen, der Chemiker durch Scheidungen ein Ganzes, das aus verschiedenen Bestandtheilen oder Elementen besteht. Wie die Mittel ihrer Erkenntnisse, die Scheidungen und die Zergliederungen, so sind auch das Ganze oder die Verbindungen und die Elemente derselben verschieden. Die Verbindungen, welche der Chemiker erkennt, bilden ein homogenes Ganze; die aber, welche der Anatom erkennt, bilden ein heterogenes Ganze. Die Elemente des Chemikers sind verschiedene Stoffe, die Elemente des Anatomen verschiedene Gestalten und Formen. Naturproducte bilden also ein Ganzes in Stoffen und Formen, und als Gegenstände, die ein Ganzes bilden, sind sie uns in der Anschauung gegeben. Wie der Chemiker andere Begriffe hat von Elementen, Verbindungen, Scheidungen und dem Ganzen als der Anatom, so ist es auch überall nicht nothwendig, dass jeder Körper in demselben Sinne ein Ganzes ist als Stoff und als Form, sondern er kann in der einen Beziehung ein Ganzes und in der andern ein Element sein und umgekehrt, was in jedem Falle durch den Standpunkt der anatomischen oder der chemischen Erkenntniss, auf den wir uns stellen, entschieden werden muss. Wie aber der Begriff der Chemie auf dem Gebiete der organischen Natur einheimisch geworden ist, so könnte auch wohl der Begriff der Anatomie auf das Gebiet der unorganischen Natur übertragen werden, wo sie Formelemente der Körper untersucht, wie es auch in der Krystallographie der Fall ist, welche hier dasselbe ist, was die Anatomie auf dem Gebiete der organischen Natur. Diese Wissenschaften machen also das Bestehen der Naturproducte zum Gegenstande ihrer Erkenntniss, indem sie sie als ein Ganzes aus der Zusammensetzung und Verbindung verschiedener stofflicher oder formaler Elemente nach Gesetzen begreifen.

6. Mit der Erklärung von den Veränderungen der körperlichen Natur aus ihren Ursachen nach allgemeinen Gesetzen beschäftigen sich die Physiologie und die Physik. Jene ist die Naturlehre von den organischen, diese von den unorganischen Körpern. Chemie und Anatomie sind im Grunde Wissenschaften, welche sich auf das ganze Erfahrungsgebiet von der körperlichen Natur beziehen, wenngleich der Name Anatomie nur von der Wissenschaft von den Form-

elementen und ihren Verbindungen bei den organischen Naturproducten gebräuchlich ist. Darin liegt aber mehr eine Beschränkung unserer anschaulichen Erkenntniss, als eine Einschränkung der Begriffe, die in der That allgemein sind, da die Grundbegriffe der Chemie und Anatomie von allen Gegenständen Gültigkeit haben, die wir in der Erfahrung, nur nicht überall, auf dieselbe Weise nachweisen können. Mit dem Gegensatze von Physik und Physiologie verhält es sich ähnlich, es ist ein Gegensatz mehr in der begrifflichen als in der anschaulichen Erkenntniss. Die Verschiedenheiten in der anschaulichen Erkenntniss, wohin namentlich die räumlichen und zeitlichen Verhältnisse gehören, beziehen sich vorzüglich auf die naturhistorischen Disciplinen; die Verschiedenheiten in der begrifflichen Erkenntniss aber betreffen vor Allem die Disciplinen der Naturlehre. In abstracten Gegensätzen der begrifflichen Erkenntniss suchen sie das allgemeine Wesen der materiellen Natur zu erklären und zu begreifen. Dies darf man nie ausser Augen lassen, wenn man den Gegensatz und den Zusammenhang der Disciplinen der Naturlehre nicht missverstehen will. Die Erkenntniss der materiellen Dinge nach ihren Veränderungen und ihrem Bestehen, nach ihren stofflichen und ihren Formelementen, nach verschiedenen Ursachen der Veränderungen, versirt in begrifflichen Gegensätzen, die in einer Anschauung mehr, in einer andern weniger uns hervortreten, im Grunde aber an allen Gegenständen der Anschauung nachweisbar sind, da jeder Gegenstand der Anschauung an allen Begriffen Theil hat, die von den nicht-historischen Wissenschaften gebildet werden. Darin liegt auch der Grund, warum diese Wissenschaften eine höhere Ausbildung des Denkens fordern als die Wissenschaften der Geschichte und der Naturgeschichte, worin das Denken immer concret ist, da es von den Gegenständen der Anschauung gar nicht sich löst, was aber für die Disciplinen der Naturlehre die erste Bedingung ihrer Entstehung ist.

7. Diese Bemerkungen über die Natur der begrifflichen und anschaulichen Erkenntniss beziehen sich vornehmlich auch auf die Gegensätze, welche zwischen den Begriffen der Physik und der Physiologie angenommen werden. Es ist dies der Gegensatz zwischen der organischen und der unorganischen Natur, der bald als ein blos verneinender und gradueller, bald als ein positiver und specifischer Gegensatz aufgefasst wird, von dem wir, bei den Grundbegriffen mehr darauf eingehend, hier indess nur für die Eintheilung der Naturlehre in Physik und Physiologie zu handeln haben. Wenn alle Veränderungen der materiellen Natur in Bewegungen bestehen, sei es, dass die Körper im Verhältnisse zu ihrer Umgebung, ihren Ort, oder dass sie sich selbst in demselben durch Schwingungen verändern, so scheint es, dass wir davon eine verschiedene Wissenschaft uns bilden können, entweder nach der Verschiedenheit der Bewegungen, welche stattfinden, oder nach den Ursachen, woraus sie erklärt werden. Es ist wohl noch eine dritte Möglichkeit vorhanden, um Bewegungen zum Gegenstand der Untersuchung zu machen, die aber hier doch nicht mitzählt, nämlich die Verschiedenheit der Gegenstände, woran die Bewegungen wahrgenommen werden, worauf wir indess hier nicht reflectiren können, da der Gegensatz, den wir suchen, kein Gegensatz der Gegenstände der Anschauungen, sondern der Begriffe sein soll, und jedenfalls für die Physik und die Physiologie von untergeordneter Bedeutung ist. Nicht

die Verschiedenheiten der Bewegungen selbst, sondern die der Ursachen, woraus sie erklärt werden, begründen nun den Gegensatz von Physik und Physiologie in der Erklärung der Veränderungen der Naturproducte, womit sie sich beschäftigen. Ortsveränderungen selbst, Veränderungen im Orte, Anziehungen und Abstossungen, gerad- und krummlinige Bewegungen u. s. w. sind Objecte physikalischer und physiologischer Untersuchungen; ihre Verschiedenheit, wenn sie stattfindet, liegt nur in der Verschiedenheit der Ursachen, woraus sie die Veränderungen begreifen. Diese sind entweder äussere oder innere Ursachen. Die Erklärung der Veränderungen nach allgemeinen Gesetzen aus äussern Ursachen bildet die Aufgabe der Physik, dieselbe Erklärung aus innern Ursachen das Problem der Physiologie. Mit dem Worte innerer und äusserer Ursache der Veränderungen haben wir hier nur den Unterschied in den Problemen der Physik und Physiologie bezeichnen, aber nicht erklären wollen. Die Verschiedenheit dieser beiden Wissenschaften soll damit nur benannt, aber nicht selbst schon erklärt sein, da das keine Aufgabe der Eintheilung der Wissenschaften, sondern der Untersuchung über ihre Grundbegriffe ist. Die Erklärung der Veränderungen an den Körpern aus äussern Ursachen heisst die mechanische, die aus innern Ursachen die organische, wie man auch die Wirksamkeit selbst, sofern sie aus äussern Ursachen erfolgt, eine mechanische, und sofern sie aus innern Ursachen hervorgeht, eine organische nennt. Danach wird auch die Physik die mechanische und die Physiologie die organische Naturlehre genannt.

8. Gegenwärtig wird allgemeiner das Wesen der Physiologie darin gesetzt, dass sie physikalische Lehren und Erkenntnisse auf ein besonderes Erfahrungsgebiet, auf das Gebiet der anschaulichen Erkenntniss von der animalen und vegetativen Natur anwendet. In der Anwendung einer fremden Erkenntniss kann jedoch niemals das Wesen einer Wissenschaft bestehen, weil sie alsdann keine eigenen und einheimischen Erkenntnisse besitzt. Hätte die Physiologie keine andere Aufgabe, als die in der Anwendung physikalischer Lehren auf ein besonderes Erfahrungsgebiet enthalten ist, so würde es keine Physiologie geben, sofern darunter eine eigene Wissenschaft verstanden wird. Die Wahrnehmungen selbst aber, welche wir an den Naturproducten machen, nöthigen uns zu einer zweiten Erklärung ihrer Veränderungen, wenn wir die mechanische Erklärung derselben, welche die Physik enthält, die erste nennen, da an den organischen Naturproducten die Eigenschaften der Entwickelungsfähigkeit, der Reizbarkeit, der Fortpflanzung wahrgenommen werden, die ohne die Annahme einer innern Ursache der Veränderungen unverständlich bleiben. Eine solche Erklärung von den Veränderungen zu geben, darin besteht die innere Aufgabe der Physiologie, die überall da ein Gebiet der Erkenntniss hat, wo eine solche Erklärung indicirt und gültig ist. Denn das Gebiet von den Erkenntnissen der verschiedenen Disciplinen der Naturlehre wird nicht nach Anschauungen, sondern nach Begriffen bemessen. Die Untersuchungen aber über die Möglichkeit dieser Erkenntnisse gehört nicht zur Eintheilung der Wissenschaften, welche nur gleichsam den leeren Raum und Platz anzuzeigen hat, der durch ihre Erkenntniss erfüllt werden soll. Der Ort einer jeden Wissenschaft wird aber durch ihre innere Aufgabe bestimmt.

9. Eine Eintheilung der Wissenschaften enthält eine ideale Uebersicht von denselben, worin der Begriff der Wissenschaften bestimmt wird, nicht nach dem jeweiligen Zustand ihrer Ausbildung, wie ihn Lehr- und Handbücher darstellen, sondern nach dem innern Wesen und Zweck ihrer Erkenntnisse, der in der Reihe der verschiedenen Entwickelungen der Wissenschaft derselbe bleibt, wie sehr er auch zuweilen entstellt und verdunkelt werden mag. Wollte man die Begriffe der Wissenschaften blos nach dem jeweiligen Zustande ihrer Entwickelung erklären, so würde man nicht nur Gefahr laufen, eine sehr beschränkte und einseitige Auffassung davon zu erhalten, sondern auch oft statt eines Begriffes sehr viele bekommen, die zusammen von dem Wesen und der Aufgabe einer Wissenschaft nur eine verworrene Vorstellung geben. Deshalb muss die Eintheilung der Wissenschaften eine ideale Uebersicht derselben enthalten, welche die Begriffe derselben nach ihrer Aufgabe und ihrem Zwecke bestimmt, der durch sie erfüllt werden soll, wobei in jeder einzelnen Wissenschaft von der Anwendung fremder Erkenntniss in ihr und den elementaren Verschiedenheiten und den Stufen in der Entwickelung der Erkenntniss, in Beschreibungen, Erklärungen, Eintheilungen, Vergleichungen u. s. w., die allen Wissenschaften angehören, abgesehen werden muss, weil sie nicht ihr besonderes Wesen bilden. Dieser Regel sind wir bei der Eintheilung der Naturwissenschaften gefolgt, und haben da gefunden, dass das besondere unterscheidende Wesen der Naturproducte durch die naturgeschichtlichen Disciplinen nach den Verhältnissen und Bedingungen der Art, des Raumes und der Zeit, das allgemeine Wesen aber der körperlichen Natur durch die Disciplinen der Naturlehre nach den Stoff- und Formelementen ihres Bestehens, wie nach den innern und äussern Ursachen ihrer Veränderungen erkannt wird. Jede Disciplin hat ihre besondere Aufgabe, zusammen aber enthalten sie die vollständige rein theoretische Erkenntniss von dem materiellen Universum.

§. 37. Die Physik umfasst die Erkenntnisse von den Veränderungen der materiellen Natur nach allgemeinen Gesetzen aus äussern Ursachen, hinsichtlich der Verschiedenheit der Ursachen selbst, der Verschiedenheit der Bewegungen und der Aggregatzustände der Körper.

1. Das eigenthümliche Wesen der physikalischen Erkenntniss liegt in der mechanischen Erklärungsart, der Umfang derselben aber in der Verschiedenheit der äussern Ursachen der Veränderungen, der Bewegungen und der Aggregatzustände der Körper. Durch die mechanische Erklärungsart unterscheidet sich die Physik von der Physiologie, welche aus innern Ursachen Veränderungen erklärt, durch die Erklärung der Veränderungen von der Chemie, welche das Bestehen der Naturproducte aus Stoffelementen erkennt, durch die Allgemeinheit der Gesetze der Veränderungen von den Disciplinen der Naturgeschichte, welche mit den besondern Gesetzen sich beschäftigen. Die Begriffe, welche die Physik von der körperlichen Welt findet, sind daher durch ihre besondere Erklärungsart bestimmt. Sie besitzt von allen Dingen andere Begriffe als die übrigen Wissenschaften, weil ihr eine andere Erklärungsart eigenthümlich ist,

als in den andern Wissenschaften herrscht. Für die Physik ist das Wasser nur eine tropfbare Flüssigkeit, worin Bewegungen sich anders fortpflanzen als in festen und elastisch-flüssigen Körpern, während der Chemiker es als eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff erklärt, der Physiologe darin ein Unterhaltungsmittel des Lebens, und der Naturhistoriker dessen physische Existenz in Raum und Zeit erkennt. Einen vollständigern Begriff von irgend einem Gegenstande besitzen wir daher nur, wenn wir die Erklärungen aller Wissenschaft von demselben kennen, da jede nach der ihr eigenthümlichen Erkenntnissart die Begriffe von den Gegenständen anders erklärt, und erst in der Verbindung aller einzelnen Erklärungen der vollständige Begriff einer Sache enthalten ist.

2. Die Erklärung der Veränderungen an den Körpern aus äussern Ursachen erstreckt sich soweit als die Veränderungen selbst, welche wir an ihnen wahrnehmen; denn, wo eine solche Veränderung wahrgenommen wird, ist eine äussere Ursache vorhanden, welche die Physik aufzufinden hat und worauf sie die Veränderungen bezieht. Die Gültigkeit der mechanischen Erklärungsweise ist daher eine universelle, die nicht durch die Verschiedenheit der Gegenstände unserer anschaulichen Erkenntniss bemessen wird. Die mechanische Erklärungsweise gilt nicht weniger von den Veränderungen an den leblosen wie an den lebendigen Naturproducten. Denn auch die Veränderungen an den organischen Körpern gehen aus äussern Ursachen hervor und gestatten eine physikalische oder mechanische Erklärung, worin nur nicht die physiologische Erklärung von den Veränderungen selbst besteht. Die Aufgabe der Physik besteht deshalb darin, die äussere Ursache aller Veränderungen, welche wir an den Körpern wahrnehmen, aufzufinden, wobei sie voraussetzt, dass die mechanische Erklärungsart allgemein gültig ist, oder sich auf alle Veränderungen der materiellen Natur erstreckt.

3. Der Umfang der physikalischen Erkenntniss wird in ihr selbst durch die Verschiedenheit der Bewegungen, welche wir an den Körpern wahrnehmen, nach ihren verschiedenen Aggregatszuständen und der Verschiedenheit der äussern Ursachen bestimmt. Veränderungen an den Körpern bestehen in Bewegungen, welche die Physik zuerst nach ihren verschiedenen Arten durch Beobachtungen feststellen muss, da sie das zu erklärende Material ihrer Erkenntniss bilden. Die Bewegungen werden aber nicht für sich, sondern an den Körpern wahrgenommen, deren allgemeine Verschiedenheit in den drei Aggregatsformen sich darstellt, welche von Einfluss sind auf die Natur der Bewegungen selbst. Endlich soll aber die Physik diese Bewegungen aus ihren Ursachen erklären, und sie muss deshalb auch diese zu entdecken suchen. Als solche äussere Ursachen der Veränderungen kennt sie die Schwere, die Wärme, das Licht, die Elektricität, den Magnetismus u. s. w., wodurch gleichfalls der Umfang der physikalischen Erkenntniss bestimmt wird. Die Physik umfasst daher die Lehre von den Bewegungen nach ihren allgemeinen Gesetzen oder formalen Bestimmungen, die wir daran unterscheiden können; nach ihren allgemeinen materiellen Bestimmungen durch die verschiedenen Aggregatzustände der Körper und die Lehre von den äussern Ursachen der Bewegungen in der Schwere, der Wärme, dem Licht, der Elektricität und dem Magnetismus, welche bis jetzt als äussere Ursachen der Veränderungen in der Körperwelt aufgefunden worden sind.

4. Wärme, Licht, Electricität und Magnetismus pflegt die Physik imponderable Materien zu nennen, eine insofern nicht unpassende Benennung, als das causale Verhältniss der Körper unter einander nicht ponderabel ist. In diesem Sinne aber ist auch die Schwere selbst eine imponderable Materie zu nennen, da wir dadurch nur ein causales Verhältniss der Körper unter einander verstehen. Denn schwer heisst ein Körper nur, sofern er die Ursache oder die Wirkung einer Anziehung ist. In demselben Sinne sind auch die imponderablen Materien Ursachen der Veränderung an den Körpern. Und dies ist der eigentliche Gesichtspunkt, von dem aus die Physik die imponderablen Materien in Betracht zieht. Sie sind besondere äussere Ursachen von Bewegungen, welche wir an den Körpern wahrnehmen, nicht anders als auch die Schwere selbst eine solche äussere Ursache ist. Was diese imponderablen Materien, wie man zu sagen pflegt, an sich sind, was wohl heissen soll, sofern sie nicht Ursachen sind, wissen wir in der That nicht, da wir sie nur als wirkende, äussere Ursachen kennen. Gegen die Benennung imponderable Materien haben wir unsererseits nichts einzuwenden, falls damit nur ein anderes causales Verhalten der Körper bezeichnet werden soll, als in der Schwere gegeben ist. In der Hypothese von imponderablen Materien liegt nur die Annahme, dass es ausser der Schwere noch andere äussere Ursachen der Bewegungen in den Körpern giebt. Auf die Streitfrage selbst aber, ob es ausser der schweren Materie auch eine imponderable giebt, werden wir bei der Abhandlung der Grundbegriffe zurückkommen; hier, wo wir es nur mit dem allgemeinen Begriffe der Physik zu thun haben, scheint es zu genügen, wenn wir die sogenannten Imponderabilien als besondere äussere Ursachen von Bewegungen neben der Schwere anerkennen, welche zu entdecken und nach ihrer Wirksamkeit zu bestimmen, die vorzüglichste Aufgabe der Physik ist.

II. Von den Methoden der Naturforschung.

A. Geschichte der Methodenlehre.

§. 38. Die Naturwissenschaften stehen durch den Gebrauch der inductiven Methode mit der frühern Wissenschaftsbildung, welche auf der Anwendung des aristotelischen Organons beruhte, in einem Gegensatze. Sie bilden die modernen Wissenschaften, welche nach der vorhergehenden einseitig theologischen Wissenschaftsbildung unter den neuern Völkern sich gebildet haben. Die Annahme einer allbeherrschenden, immanenten und nothwendigen Gesetzmässigkeit in der Natur und die Erfahrung als eine Erkenntnissquelle bilden die Grundlagen dieser Wissenschaften.

1. „Die Methode ist das Vorzüglichste in jeder Wissenschaft. Wer sie erlangt hat, der hat die Wissenschaft selbst errungen, er hat sie als eine freie, leichte, unverlierbare Erkenntniss“ [1]. Auch die Naturwissenschaften preisen ihre

[1] A. Mayr, Untersuchungen über die wissenschaftliche Methode. Würzburg 1845. S. 1.

Methode des Erkennens als den königlichen Geist, wodurch sie Alles beherrschen und wodurch sie Alles geworden sind, was sie sind. Durch ihre Methode haben sie die Resultate gefunden, die unsere Bewunderung verdienen. Diese Methode nennen sie die inductive, die Methode der Beobachtungen und der Experimente, die Methode der Erkenntniss der Dinge aus der Erfahrung. Dies Verfahren ist in den Naturwissenschaften zuerst zur Anwendung gekommen, weshalb man es auch schlechthin das naturwissenschaftliche nennt. Sie bilden dadurch die modernen Wissenschaften im Gegensatze zu den Wissenschaften, die schon dem Alterthum und dem Mittelalter bekannt waren, welche das aristotelische Organon zu ihrer Ausbildung benutzten. Die Naturwissenschaften gehören der neuern Zeit an, da sie in der Erkenntniss der Wahrheit einen neuen Weg einschlugen, der von der grossen Heerstrasse des aristotelischen Organons weit ab lag. Erst die neuern Völker, indem sie sich selbstständig abtrennten von dem unterschiedslosen Ganzen, das alle Völker im Mittelalter bildeten, haben seit dem 15. Jahrhundert diese modernen Wissenschaften entdeckt und cultivirt. Den alten Völkern und dem Mittelalter fehlten sie im eigentlichen Sinne des Wortes bis auf geringe Anfänge, welche indess zu keiner weitern Ausbildung gelangten [1].

2. Wenn bei den Griechen die wissenschaftliche Erkenntniss wesentlich von der speculativen Naturbetrachtung ausgeht, so finden wir, dass hiermit im Gegensatz in der christlichen Zeitrechnung die Wissenschaftsbildung vorherrschend und fast ausschliesslich von der Theologie ihren Anfang nimmt und erst spät eine freie Naturerkenntniss hervorgetreten ist. Die neue Religion, das Christenthum, wie es eine veränderte Lebensweise unter den Völkern begründete, absorbirte auch zugleich alles wissenschaftliche Interesse, und alle Wissenschaften standen im Dienste der Theologie. Zugleich aber trat damit ein Gegensatz gegen eine freie und selbstständige Naturerkenntniss hervor, indem man keine Wahrheit in der Natur erkannte. „Nicht aus Unkenntniss dieser Dinge", sagt Eusebius, „sondern aus Verachtung ist es, dass wir so klein von diesen Sachen denken und unsern Geist zu bessern Gegenständen wenden". Nur das theologische Interesse war massgebend für alle Erkenntnisse. Auch die Philosophie, wie sie von den Griechen überliefert war, wurde nur aus diesem Gesichtspunkte cultivirt. Vornehmlich jedoch das Organon des Aristoteles suchten sie sich anzueignen und für ihre Zwecke zu verwenden, während die Physik und Ethik nicht eine gleiche Aufnahme fanden. Das aristotelische Organon diente, um die Künste des Denkens für die theologische Erkenntniss zu cultiviren, während die griechische Ethik und Physik mit den christlichen Lehren im Gegensatze und Widerspruche standen und daher ohne vielfache Veränderungen nicht in gleicher Weise verwandt werden konnten. Allein trotz der Einseitigkeiten, welche hierin unverkennbar hervortreten, liegt doch in diesen Zeiten eine Vorbildung für die spätere freiere und selbständigere Entwickelung der Wissenschaften, einmal darin, dass die christliche Religion von Anfang an eine Bildung der wissenschaftlichen Erkenntniss forderte und zuliess, und dann in der Ausbildung des

[1] Vergleiche Whewell, Geschichte der inductiven Wissenschaften. Nach dem Englischen von Littrow. Thl. I. S. 81.

Denkens selbst, welche daraus hervorging. Sie schloss nicht von vornherein wie die heidnischen Religionen alle Wissenschaftsbildung von sich aus, sondern forderte sie, wenn auch im einseitig theologischen Interesse, und bewirkte dadurch, dass die Kunst des Denkens nicht verlernt, sondern geübt wurde. Erst dachte der Mensch über seine Bestimmung nach und trieb Jahrhunderte die Künste des Denkens, und erst alsdann, nachdem er diese Kunst inne hatte und über seine eigene Bestimmung beruhigt war, wandte er sich zu einer wissenschaftlichen Erforschung der ihn umgebenden Welt, der Natnr, welche bis dahin mehr ein Object der Mythologien der Völker als der Wissenschaften gewesen war. Hierin scheint ein Grund zu liegen, warum die Naturwissenschaften so spät in der Geschichte sich gebildet haben, denn eine wissenschaftliche Erforschung der Natur im Grossen und Ganzen wird erst da möglich sein, wo eine religiöse Beruhigung eingetreten und die Kunst des Denkens schon vielfach geübt worden ist, da die Naturwissenschaften die schwierigsten Probleme des Denkens enthalten und zu einer objectiven Betrachtung der Aussenwelt der Mensch nicht gelangt, so lange er noch zu sehr mit den Sachen des Glaubens beschäftigt ist. Aber auch die Erfahrung als eine Erkenntnissquelle zur Belehrung und Aufklärung zu benutzen, gelingt erst dem reiferen Alter, weshalb Pascal [1] mit Recht sagte: „Wir sind die Alten, nicht sie — die Griechen und Römer —, weil wir durch Erfindungen langer Jahre gereift sind"; ein Gedanke, den auch schon Bacon geltend gemacht hat, indem er bemerkt, dass die spätere Zeit „die reifere und an Erfahrungen und Beobachtungen unendlich reichere sei" [2]. Deshalb gelang es auch den Erfindern aller Wissenschaften, den Griechen, nicht, die Naturwissenschaften im eigentlichen Sinne des Wortes zu entdecken, obwohl ihre Philosophie von der speculativen Naturbetrachtung ihren Anfang genommen hat, während in der christlichen Zeitrechnung die Wissenschaftsbildung von der theolgischen zur physikalischen Erkenntniss fortgeschritten ist. Das Christenthum aber befähigte die Völker zu diesem Fortschritte, indem es auch in der Aussenwelt, in der Natur, absolute Wahrheit zu erkennen lehrte, nachdem es sich selbst regenerirt hatte. Denn unstreitig steht geschichtlich das Eine mit dem Andern in Verbindung, die Reformation der Kirche und die Wiederherstellung der Wissenschaften.

3. In zwei Punkten namentlich steht die moderne Wissenschaftsbildung, wie sie in den Naturwissenschaften sich repräsentirt, mit der frühern wissenschaftlichen Bildung in Opposition, da sie an die Stelle einer einseitig teleologischen Betrachtung der Natur, welche auch in der griechischen Physik vorherrschend angewandt wurde, den Gedanken einer allbeherrschenden und nothwendigen Gesetzmässigkeit setzten und die Erfahrung selbst als Quelle ihrer Erkenntnisse annahmen. Die natürlichen Ereignisse suchte man vordem nicht physisch, aus der ihnen innewohnenden Gesetzmässigkeit, sondern blos teleologisch aus ihrer finalen Bestimmung für das Menschengeschlecht zu erklären. Nur aus diesem Gesichtspunkte einer äussern Zweckmässigkeit erforschte man die Natur, wobei vorausgesetzt wird, dass der Mensch das Centrum und der

[1] H. Ritter, Geschichte der Philosophie. Thl. 11. S. 299.
[2] Novum organum. I. 84.

Endzweck der ganzen Welt sei, weshalb nichts in der Welt ausser dem Menschen eine Bedeutung für sich haben sollte. Das Natürliche sollte nicht aus nothwendigen Gesetzen, sondern aus Zwecken für das Menschengeschlecht geschehen. Die Bewegung der Himmelskörper erforschte man, um daraus das Schicksal des Menschen zu erkennen, als ob sie sich um einander bewegten nicht aus innerer Nothwendigkeit, sondern um eines äussern Zweckes willen. Die Elemente und die Zusammensetzungen der Körper wurden untersucht in der Absicht, um aus allen Stoffen Gold zu präpariren, weil alles Natürliche nichts an sich, sondern nur ein Mittel für den Menschen sei. Für die Bedürfnisse des praktischen Lebens hat eine solche teleologische Auffassung der Dinge, wonach man alle Pflanzen als nutzbare Kräuter zur Nahrung und Heilung, alle Thiere als wilde oder zahme, als Hausthiere oder als Thiere des Waldes, alle Steine als edle und unedle, die Erde nur als den Wohnsitz des Menschen, die Gestirne nur als Mittel für die irdischen Verhältnisse betrachtet, eine Berechtigung; allein für die Wissenschaft, welche erkennen will, was die Dinge an und für sich sind, ist sie nicht förderlich und zureichend. Erst nachdem man lernte von dieser finalen Bestimmung der Natur zu abstrahiren und den Gedanken einer allbeherrschenden und nothwendigen Gesetzmässigkeit, die am Himmel und auf der Erde, im Ganzen wie im Einzelnen gültig ist, dafür zu supponiren, entstand eine wissenschaftliche Naturerkenntniss und wurde aus der Astrologie eine Astronomie, aus der Alchemie eine Chemie. Nicht vom anthropologischen, sondern vom kosmischen Standpunkte aus, nicht von der Annahme aus, dass Alles ausser dem Menschen nur ein Mittel, sondern in der Ueberzeugung, dass Alles in der Natur auch etwas an sich ist, sind die Naturwissenschaften zu ihrer Ausbildung gelangt. Diese Ueberzeugung ist seit der Wiederherstellung der Wissenschaften von den grossen Naturforschern, wie von den Philosophen dieser Zeit, geltend gemacht worden.

4. Nicht weniger aber als durch diese Annahme einer immanenten und nothwendigen Gesetzmässigkeit in der Natur, haben die Naturwissenschaften durch den Gebrauch der Erfahrung als einer Erkenntnissquelle ihre Ausbildung erlangt. Auch hierdurch unterscheiden sie sich von der alten Wissenschaftsbildung. „Vor Galilei verlangte man es gar nicht ernstlich von den Naturgesetzen, dass die Erscheinungen denselben gehorchen sollten“ [1]; man war zufrieden, wenn ungefähr die Erscheinung mit dem Gedanken coincidirte. Erst durch Galilei und nach ihm stellte man die Forderung der wirklichen Uebereinstimmung der Erfahrung mit den Gesetzen, was durch das Experiment dargethan werden muss. Soll die Erfahrung aber dies leisten, so muss man von ihr die Ueberzeugung haben, dass sie einmal nicht eine blos unbestimmte und verworrene Erkenntniss uns giebt, und dann, dass sie Realität hat. Die Aussenwelt ist kein Blendwerk, sondern real, wie die Anschauungen und Wahrnehmungen von ihr es bezeugen. Sie ist aber auch an sich nichts Unbestimmtes, sondern ein an sich Bestimmtes und Gemessenes, wie sie durch die Wahrnehmungen zum Bewusstsein kommt. Dieser Gedanke von der Realität und Bestimmtheit der sinnlichen Welt lag der frühern Wissenschaftsbildung fern, welche die Er-

[1] K. Snell, Newton und die mechanische Naturwissenschaft. S. 47.

fahrung nur voll von Täuschungen ansah, und meinte, dass der Gedanke in ihr, wie Aristoteles angiebt, ins Unbestimmte und ins Unendliche sich verliere. Bei dieser Ueberzeugung war eine inductive Wissenschaft, welche aus der Erfahrung nicht blos Erkenntnisse zu erwerben strebt, sondern von ihr auch eine Uebereinstimmung mit dem Gedanken, eine Bestätigung der Theorie verlangt, im Grunde unmöglich. Modern sind die Naturwissenschaften daher namentlich auch durch den Gebrauch der Erfahrung als einer Quelle von objectiven Erkenntnissen.

5. Indem die Naturwissenschaften nun die Erfahrung als eine Erkenntnissquelle benutzten und jenen Gedanken einer immanenten Gesetzmässigkeit der Natur realisirten, haben sie eine der grössten Revolutionen in der Weltansicht und dem Bewusstsein des Menschengeschlechts hervorgebracht. Der Gesichtskreis ist durch sie von den anthropologischen zu den terrestrischen und kosmischen Erscheinungen erweitert worden. Mit der ihn umgebenden Aussenwelt hat der Mensch sich seitdem innig vertraut gemacht und hat in ihr ein Reich der Wahrheit kennen gelernt. Von der Grösse dieser Revolution wissen wir uns gegenwärtig kaum noch eine hinreichend lebhafte Vorstellung zu bilden, weil, was durch sie in Erkenntnissen erworben ist, uns gleichsam schon zu einer zweiten Natur durch Erziehung und Geschichte geworden ist. Alle Erfindungen und Erkenntnisse der Naturwissenschaften sind aber einst neu gewesen und haben nur mit grossem Widerstreben Eingang bei den Völkern gefunden. Diese Wirkung der Naturwissenschaften charakterisirte Goethe treffend an einem Beispiele, der Entdeckung des kopernicanischen Weltsystems. „Unter allen Entdeckungen und Ueberzeugungen", sagt er[1], „möchte nichts eine grössere Wirkung hervorgebracht haben, als die Lehre des Kopernicus. Kaum war die Welt als rund anerkannt und in sich abgeschlossen, so sollte sie auf das ungeheure Vorrecht Verzicht thun, der Mittelpunkt des Weltalls zu sein. Vielleicht ist noch nie eine grössere Forderung an die Menschheit geschehen: denn was ging nicht Alles durch diese Anerkennung in Dunst und Rauch auf: ein zweites Paradies, eine Welt der Unschuld, Dichtkunst und Frömmigkeit, das Zeugniss der Sinne, die Ueberzeugung eines poetisch-religiösen Glaubens; kein Wunder, dass man dies Alles nicht wollte fahren lassen, dass man sich auf alle Weise einer solchen Lehre entgegensetzte, die denjenigen, der sie annahm, zu einer bisher unbekannten, ja ungeahneten Denkfreiheit und Grossheit der Gesinnung berechtigte und aufforderte."

§. 39. Wie die neuern Völker in Europa seit dem 15. Jahrhundert nach einer Erneuerung und Fortbildung der Erfahrungswissenschaften und der Mathematik gestrebt haben, so ist auch die Philosophie seit der Zeit bemüht gewesen, über die Methoden des Erkennens, den Ursprung und die Gültigkeit der Begriffe und den wahren Begriff der Wissenschaft Nachforschungen anzustellen, die im Zusammenhange stehen mit den Fortschritten der realen Wissenschaften.

1. Seit der Wiederherstellung der Wissenschaften strebt die Philosophie nach einer Reform der Logik, nach einem neuen Organon der Wissenschaften.

[1] Goethe, Zur Farbenlehre. Bd. 2. S. 213.

Dies Streben charakterisirt nicht weniger die deutsche Philosophie seit KANT und die französische seit DESCARTES, als die englische seit BACON. Die Logik, worauf sich im Allgemeinen diese Reformen der neuern Philosophie beziehen, ist die sogenannte formale Logik, das scholastische Organon der Wissenschaften, welche, nach ihrem Entdecker, auch die aristotelische genannt wird. Schon ihrer Anlage nach bei ARISTOTELES war die Logik vornämlich eine Syllogistik, welchen Charakter sie seitdem nur noch mehr ausgebildet hat. Gegen dies scholastische Organon, gegen das blos syllogistische Verfahren für die Ausbildung der Wissenschaften ist die Polemik der Philosophie seit BACON gerichtet. Im Alterthume hoffte man durch die Theorie der Syllogismen nicht nur gegen die Sophistik geschützt zu sein, sondern glaubte auch durch ihre Anwendung die Ausbildung der Wissenschaften erlangen zu können. ARISTOTELES hatte freilich neben dem syllogistischen Verfahren auch ein inductives Verfahren anerkannt, worauf zuerst SOKRATES als auf die ἐπαγωγή verwiesen hatte. Allein ARISTOTELES [1] stellte die inductive Methode selbst als ein Schlussverfahren dar, wie die formale Logik auch gegenwärtig noch trotz BACON's Organon die Induction nur als eine unvollkommene Art der Syllogismen kennt, weshalb ihr wahres Wesen auch nicht erkannt wurde. Aus diesem Grunde galt das syllogistische Verfahren als die alleinige und wahre Methode des Erkennens. Die Logik bemühte sich und thut es noch gegenwärtig, die Moden und Figuren der Syllogismen, welche Formen, wie KANT [2] bemerkt, nur auf einer „falschen Spitzfindigkeit“ beruhen, auszubilden; und die Wissenschaften setzten ihre Virtuosität in die Anwendung von Kettenschlüssen, wodurch man die Wahrheit einzufangen wähnte. Durch den Syllogismus wird aber nur in eine andere Form gebracht, was schon auf einem andern Wege erkannt ist, er dient daher mehr der Darstellung als der Ausbildung der Wissenschaften. Denn in dem Syllogismus: alle Planeten bewegen sich in Ellipsen um die Sonne; die Erde ist ein Planet, also bewegt sie sich in einer Ellipse um die Sonne — wird nur in einer andern Form dargestellt, was schon auf einem andern Wege erkannt worden ist, nämlich dass die Erde und die Planeten in Ellipsen um den Centralkörper sich bewegen. Ausserdem aber setzt das syllogistische Verfahren das Gegebensein von Begriffen, der drei *termini* des Schlusses, welche er verbindet, oder das Gegebensein von Urtheilen, der Prämissen, woraus die Folgerung gezogen wird, voraus und lehrt daher nicht, wie wir ursprünglich Begriffe und Urtheile finden. Da das schlussfolgernde Verfahren aber die Begriffe und Urtheile als gegeben voraussetzt und ihre Realität nicht prüft, so besteht die Erkenntniss, welche dadurch gefunden wird, auch nur zu oft in einer Erkenntniss aus blos Worten, wobei nur ihre sprachliche, nicht aber ihre sachliche Bedeutung in Betracht kommt. Spitzfindige Namenerklärungen, populäre Wortbedeutungen vertreten im syllogistischen Verfahren reale Begriffe und gültige Urtheile, wogegen dies Verfahren selbst keine Mittel besitzt, sich zu schützen. Denn man kann aus der populären Erkenntniss der Sprache ebenso bündige Schlüsse verfertigen, wie aus wissenschaftlicher

---

[1] Anal. prior. II. 13.
[2] KANT, Werke von ROSENKRANZ. Thl. 1. S. 55. Die falsche Spitzfindigkeit der vier syllogischen Figuren.

Sacherkenntniss. Wegen dieser Mängel des syllogistischen Verfahrens strebt die neuere Philosophie nach einer Reform der Logik, des Organons der Wissenschaften.

2. Man kann in der neuern Philosophie zwei Versuche, die Logik zu reformiren, unterscheiden. Der eine Versuch besteht darin, neue Methoden zur Erweiterung unserer Erkenntniss zu entdecken. Dann aber hat man auch versucht, über die Wahrheit und Gewissheit der Erkenntnisse, über den Umfang und die Realität der Begriffe aus ihrem Ursprunge Aufschluss zu gewinnen. Eine neue Methodenlehre oder eine neue Erkenntnisstheorie hat man versucht an die Stelle der formalen Logik zu setzen. Neue Methoden des Erkennens zu entdecken und dadurch das syllogistische Verfahren zu ergänzen, ist die Absicht von Bacon und Descartes, von Fichte und Schelling, Hegel und Herbart, während Locke und Hume, Leibniz und Kant durch Untersuchungen über den menschlichen Verstand, über den Ursprung der Begriffe, die Wahrheit und Gewissheit unserer Erkenntniss erforschten. Das Denken hat man auf diese Weise von zwei Seiten, wiefern dadurch Erkenntniss erworben wird, in Betracht gezogen. Einmal wird die Logik als eine Kunstlehre, als ein Organon, dann als eine Naturlehre des Denkens, als ein Kriterion, behandelt. Die Nachforschungen über den Ursprung der Begriffe, um daraus ihre Wahrheit zu beurtheilen, enthalten eine Naturlehre des Denkens. Die Untersuchungen aber über die Methoden des Erkennens sind eine Kunstlehre des Denkens. Hier wird das Denken als eine kunstvolle Thätigkeit aufgefasst, und die Forderungen, welche dadurch realisirt werden sollen, die Grundsätze, Vorschriften und Mittel, die zum Erkennen dienen, entwickelt. Dabei geht man von dem Zwecke des Denkens aus, die Wahrheit zu erkennen, und beantwortet die Frage, durch welche Mittel das Ziel erreicht werden kann. Das ist gleichsam die ethische Ansicht vom Denken, und die Logik wird als die Moral der Wissenschaften betrachtet. Der andere Versuch ist mehr eine physische Untersuchung über das Erkennen, da aus dem Ursprunge der Begriffe, sei es aus den Sinnen oder der Vernunft, der Umfang, die Realität und Erweiterung der Erkenntniss bestimmt werden soll; denn die Untersuchung über den Ursprung ist physikalisch oder naturphilosophisch. Es leidet daher auch keinen Zweifel, dass solche Theorien über die Natur und die Künste des Denkens mit allgemeinen metaphysischen und ethischen Ansichten über den Ursprung und den Endzweck der Dinge in Verbindung stehen und davon abhängig sind. Ob man allein äussere oder innere Ursachen der Entstehung annimmt, davon ist es auch abhängig, ob die Naturlehre des Denkens sensualistisch oder rationalistisch sein wird. Sensualistisch wird sie sein, wenn man nur äussere Ursachen, rationalisch, wenn man nur innere Gründe der Entstehung annimmt. Ebenso influirt die allgemeine ethische Ansicht auf die Kunstlehre des Denkens. Ob das Denken für sich die Erkenntniss hervorbringt, wie Hegel und Schelling meinen, oder ob dazu auch ein Gegenstand durch die Erfahrung gegeben sein muss, solche Theorien des Denkens sind abhängig von allgemeinen ethischen Weltansichten, wonach der Mensch allein aus eigener Kraft sich selbst beseeligt oder dazu noch anderer Hülfe bedarf.

3. In den Theorien vom Denken und Erkennen werden diese Begriffe und Ansichten jedoch nur angewandt auf die Thatsache der menschlichen Erkenntniss.

Jede Thatsache ist aber an und für sich indifferent gegen das System der Begriffe, da es von ihrem eigenthümlichen Inhalte abhängt, welche Begriffe zu ihrer Erklärung angewandt werden müssen, dann nach dem Gegebenen richtet sich die Anwendung der Begriffe. Aus diesem Grunde scheinen auch die Theorien des Denkens gleichsam eine indifferente, mittlere Stellung zu den metaphysischen und ethischen Ansichten einzunehmen, als ob sie darüber zugleich selbst entscheiden könnten. Indess die Thatsache, dass wir denken und dessen gewiss sind, hat wohl für die Philosophie ein besonderes Interesse; sie enthält aber nichts Anderes als jede andere Thatsache, nämlich ein Factum, das erklärt werden soll. Geschieht dies aber, so wird daraus entweder eine Natur- oder eine Kunstlehre des Denkens, ein Organon oder ein Kriterion entstehen; denn die Logik enthält nicht selbst eine dritte Erklärungsart neben der metaphysischen und ethischen, neben der theoretischen und praktischen, welche über beiden als ein indifferentes Medium schwebete, wodurch erst Alles erhellt und aufgeklärt würde. In der Erklärung der Thatsache kann sie nur eine von jenen beiden Erklärungsarten anwenden. Die Logik, das Denken, ist nur ein Organon und Kriterion der Erkenntniss, nicht aber selbst eine Quelle der Wissenschaften, da aus dem Denken nur das Wesen des Denkens, nicht aber zugleich die Gegenstände erkannt werden. Wenn aber auf solche Weise eine Theorie des Denkens aus der Praxis des Denkens, aus der realen Erkenntniss, entstanden, so wirkt sie auch zurück auf die Entwickelung und Bildung der Wissenschaften, die in der Erwerbung ihrer Erkenntnisse auch von der Theorie des Denkens abhängig sind, der sie in der Praxis des Erkennens folgen, weshalb die Logik eine Norm für das Erkennen sein soll. In der Praxis des Erkennens richten wir uns nach der Theorie; diese erzeugt aber nicht selbst die reale Erkenntniss. Die reale Erkenntniss, welche, wie man meint, aus der Logik entspringen soll, ist einerseits nur ihre Voraussetzung, da aus der realen Erkenntniss eine ihr entsprechende Theorie entsteht, andererseits ist diese für jene wohl normirend, sie erzeugt aber nicht die Praxis des Erkennens. Aus diesen Gründen wird auch der realen Erkenntniss, je nachdem sie ausgebildet ist, eine verschiedene Theorie entsprechen und werden umgekehrt verschiedene Theorien des Denkens auf die Entwickelung der Wissenschaften einen verschiedenen Einfluss ausüben.

4. Die beiden Versuche zur Reform der Logik, welche wir in der neuern Philosophie finden, treten in den drei Hauptrichtungen, die wir in der Entwickelung der Philosophie seit der Wiederherstellung der Wissenschaften unterscheiden, hervor. Die eine dieser Richtungen geht von Bacon aus, die zweite beginnt mit Cartesius und die dritte endlich geht von Kant aus. Die erstere nennen wir auch die englische, die zweite die französische und die dritte die deutsche Philosophie. Diese nationale Bestimmtheit schreiben wir ihr nach ihren Ausgangspunkten zu; denn im weiteren Verlaufe ihrer Entwickelung sind diese Richtungen auch von den andern Nationen aufgenommen und fortgesetzt, aber auch modificirt worden. Der Sensualismus Locke's ist durch Condillac auch in Frankreich und durch Herbart in Deutschland ausgebildet worden. Die Richtung von Descartes hat in Holland und Deutschland, bei Geulincx und Spinoza, Leibniz und Wolf eine weitere Ausbildung gefunden und auch auf

die englischen Rationalisten Einfluss gehabt. Die deutsche Philosophie hat aber erst in der letzten Zeit, wo man in Deutschland sich mehr von ihr abwendet, grössern Einfluss bei andern Nationen gefunden. Aber nach ihrem Ursprunge haben jene Richtungen auch eine nationale Bestimmtheit. Gemeinschaftlich ist in diesen Richtungen das Bestreben nach einer Reform der Logik vorhanden; sie unterscheiden sich aber von einander durch die Art und Weise, wie sie diese Umgestaltung bewirken wollen. BACON erkannte in den empirischen Naturwissenschaften das Ideal und Muster für alle Wissenschaften, und glaubte, dass die Induction die allein wahre Methode des Erkennens sei, wodurch das aristotelische Organon ergänzt werde. Die von BACON ausgehende Richtung der englischen Philosophie nennen wir die empiristische, weil die Induction allein zur wahren Erkenntniss führen soll und der ideale Begriff der Wissenschaft von der empirischen Naturkunde abstrahirt wird. Dieser Richtung gehören an: HOBBES, GASSENDI, LOCKE, HUME, BERKLEY, CONDILLAC, HELVETIUS, HOLBACH u. A. Als Vorläufer derselben kann man TELESIUS und CAMPANELLA betrachten, welche schon eine Reform erstrebten, wie sie jedoch erst von BACON erreicht wurde. In dieser Richtung des Empirismus aber hat LOCKE den andern Versuch zur Reform der Logik angestellt, nämlich aus dem Ursprunge der Begriffe über ihre Wahrheit zu entscheiden, während BACON eine neue Methode der Wissenschaftsbildung aufstellte. LOCKE ist der eigentliche Vertreter des Sensualismus geworden, d. i. der Lehre vom Ursprunge aller Begriffe aus den Sinnen, welche CONDILLAC in Frankreich verbreitete, und wo er zum Materialismus führte, indess in England daraus der Idealismus BERKLEY's und HUME's Scepticismus entstand. Der Empirismus und Sensualismus, obwohl sie etwas Verschiedenes bezeichnen, nämlich den ausschliesslichen Gebrauch eines Verfahrens und eine Lehre vom Ursprunge der Begriffe, gehören doch zusammen und ergänzen sich als Kunst- und Naturlehre des Denkens. BACON hat die eine, LOCKE vornehmlich die andere Seite hervorgehoben.

5. Eine zweite Richtung in der neuern Philosophie geht von DESCARTES aus. Auch er suchte, wie BACON, eine neue Methode des Erkennens und fand sie in der speculativen Methode der Mathematik, welche neben den empirischen Naturwissenschaften zu einer neuen Ausbildung gelangte. In dieser Richtung wird daher der ideale Begriff der Wissenschaft von der Mathematik entlehnt, und gefordert, dass alle Wissenschaften nach diesem Muster ausgebildet werden. Derselben Richtung gehören an: GEULINCX und SPINOZA, PASCAL und MALEBRANCHE, LEIBNIZ und WOLF. Eine Hindeutung auf diese Richtung findet sich jedoch schon bei KLAUS KREBS, dem Cardinal VON CUSA und bei GIORDANO BRUNO, welcher die von NICOLAUS CUSANUS eingeschlagene Richtung fortsetzte, der zuerst das Denken nach seiner mathematischen Seite auffasste [1]. Aber erst der Erfinder der analytischen Geometrie, DESCARTES, hat dieser Richtung ihren unterscheidenden Charakter gegeben. Wie LOCKE jedoch zu BACON steht in dieser Richtung LEIBNIZ zu CARTESIUS. Er hat, wenn auch mehr in polemischer Absicht, von LOCKE dazu veranlasst, in seinen Untersuchungen über den menschlichen Ver-

[1] RITTER, Geschichte der Philosophie. Thl. 9. S. 603 und S. 173.

stand, dem Ursprunge der Begriffe nachgeforscht und das System des Rationalismus, welches in der Richtung des DESCARTES gelehrt wurde, vertheidigt und begründet, nämlich die Lehre von den angeborenen Ideen und dem Ursprunge der allgemeinen und nothwendigen Begriffe aus der Vernunft. Die speculative Methode des Erkennens, von der Mathematik entlehnt, steht in Verbindung mit dem Rationalismus, wie die inductive Methode mit dem Sensualismus.

6. Diese beiden Richtungen in der neuern Philosophie haben sich gebildet im Anschluss an die empirischen Naturwissenschaften und die Mathematik. Der Fortschritt in diesen Wissenschaften führte auch zu einer Reform der Logik und zu einer neuen Entwickelung der Philosophie. Die Praxis des Erkennens veranlasste auch neue Theorien des Denkens, welche alsdann auf die Entwickelung der realen Wissenschaften zurückwirkten. Nachdem aber die Philosophie selbst in ihrer empiristischen und rationalistischen Richtung wieder zu selbstständigerer Ausbildung gelangt war, veranlasste auch diese Praxis des Erkennens KANT zu einer neuen Reform der Logik, woraus die deutsche Philosophie entstanden ist. Denn erst seit KANT giebt es eine deutsche Philosophie, da LEIBNIZ und WOLF von der französischen Richtung des DESCARTES abhängig sind. Sie hat die Philosophie selbst als das Ideal und Muster aller Wissenschaften betrachtet, wie BACON von den empirischen Naturwissenschaften, DESCARTES von der Mathematik den idealen Begriff der Wissenschaft entlehnte, der als Norm für die Entwickelung aller andern Wissenschaften gelten sollte. Dieser Charakter der deutschen Philosophie tritt entschieden bei FICHTE, SCHELLING und HEGEL hervor, welche auch die Thatsachen der Natur und der Geschichte philosophisch aus Begriffen construiren wollten, während wir bei KANT nur erst die Grundlage dafür finden. Hinsichtlich der Reform der Logik aber treten in der deutschen Philosophie die beiden von uns unterschiedenen Versuche in einer andern Ordnung auf, als in der englischen und der französischen Philosophie. In dieser treten bei BACON und DESCARTES zuerst Bestrebungen hervor, neue Methoden des Erkennens zu entdecken und daran schliessen sich bei LOCKE und LEIBNIZ Untersuchungen über den Ursprung der Begriffe. Diese Ordnung ist in der deutschen Philosophie eine andere. Denn zuerst finden wir bei KANT das Unternehmen, über die Möglichkeit des Erkennens, über die Gültigkeit unserer Begriffe aus ihrem Ursprung eine Entscheidunge zu finden, und erst aus dieser Kritik des Erkenntnissvermögens treten dann die Bestrebungen hervor, neue Methoden des Erkennens zu entdecken. Diese neuen Methodologien bei FICHTE, SCHELLING und HEGEL setzen KANT's Erkenntnisstheorie voraus, indem sie das skeptische Element in derselben fallen lassen und das dogmatische consequent fortbilden. KANT's Theorie der Sinne und des Verstandes, der Anschauungen und der Begriffe begründeten die neuen Methodenlehren. Eine solche hat zuerst FICHTE gegeben, und SCHELLING und HEGEL sind ihm darin gefolgt. Die speculative Methode zur Construction des Wirklichen aus seinem Begriffe ist daraus hervorgegangen, worin offenbar der Schwerpunkt der deutschen Philosophie in logischer Hinsicht liegt. Die Philosophie der Geschichte des Universums, der Natur wie der sittlichen Welt, ist dadurch nicht blos als eine neue Disciplin zu den übrigen Theilen der Philosophie hinzugekommen, sondern in ihr liegt selbst das eigenthümlichste Wesen

der deutschen Philosophie [1]. FICHTE hat die Philosophie selbst als Construction der Geschichte des Bewusstseins, SCHELLING hat sie als Construction der Geschichte der Natur, und HEGEL als Construction der Geschichte des Geistes entwickelt. Die geschichtliche Wissenschaft ist daher das vornehmste Problem der deutschen Philosophie geworden, was unstreitig auch mit der Entwickelung der realen historischen Erkenntniss im Zusammenhang steht, sowohl auf dem Gebiete der Naturgeschichte, wie der Geschichte im engern Sinne, weshalb man auch vielleicht annehmen kann, dass die deutsche Philosophie eine ähnliche Stellung zur geschichtlichen Erkenntniss hat, wie die englische zur empirischen Naturerkenntniss und die französische zur mathematischen, wenn nicht zugleich die speculative Methode der Philosophie hier als die allein wahre Methode des Erkennens gepriesen würde. Vorarbeiten für die Philosophie der Geschichte haben aber schon LESSING in seiner Schrift über „die Erziehung des Menschengeschlechts" und HERDER in seinen „Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit" gegeben. Beide Schriften haben auf die nachkantische Philosophie den grössten Einfluss geübt: HERDER's Ideen auf die SCHELLING'sche Naturphilosophie, denn sie enthalten selbst den ersten Versuch einer Philosophie der Naturgeschichte, und LESSING's Schrift auf die Philosophie der Geschichte von FICHTE und HEGEL. Jedoch die Methode der Construction des Wirklichen aus Begriffen ist erst von FICHTE, SCHELLING und HEGEL selbst hinzugefügt worden. Diese aber ist aus KANT's Erkenntnisstheorie hervorgegangen. In der Absicht, eine neue speculative Methode zur Erweiterung der empirischen Erkenntniss zu entdecken, schliesst sich auch HERBART an FICHTE, SCHELLING und HEGEL an, wenn er gleich in andern Punkten von ihnen sehr abweicht.

8. In allen drei Richtungen der neuern Philosophie ist das gleiche Bestreben vorhanden, die Logik als Natur- und als Kunstlehre des Denkens zu reformiren. Dasselbe steht in Verbindung mit der Entwickelung und dem Fortschritte der realen Erkenntnisse. Von verschiedenen wissenschaftlichen Gebieten, der Empirie, der Mathematik und der Philosophie selbst, entlehnen sie den idealen Begriff der Wissenschaft, der als die Norm für alle wissenschaftliche Erkenntniss ausgegeben wird, sodass einmal auch die Mathematik und die Philosophie nur als empirische Wissenschaften, dann die Philosophie und die Erfahrungswissenschaften nur als Anwendungen der mathematischen Methode, und endlich die geschichtlichen und mathematischen Wissenschaften nur noch als Theile der absoluten Philosophie gelten sollen. Auch im Mittelalter ist eine solche Einseitigkeit vorhanden, da dort die Theologie als Ideal und Muster aller Wissenschaften angesehen wird. Von einem besondern wissenschaftlichen Gebiete hat daher die ganze neuere Philosophie den idealen Begriff der Wissenschaft entlehnt, der deshalb auch nur immer in beschränkter Weise erklärt wurde. Dass aber der ideale Begriff der Wissenschaft von keinem besondern Erkenntnissgebiete abstrahirt werden kann, sondern alle umfassen muss und darnach auch nicht Eine Wissenschaft die Wissenschaft sein kann, sondern dass wir als gleich berechtigte Methoden des Erkennens

[1] Vergleiche meinen Aufsatz: „Ueber die Aufgabe und die Bedingungen einer Philosophie der Geschichte" in der Allgem. Monatsschrift. 1851. S. 261.

die Induction, die mathematische und philosophische Speculation, als verschiedene Arten der Wissenschaften die empirische, mathematische und die philosophische, die Theologie und die kosmologischen Wissenschaften neben einander anerkennen müssen, dürfen wir als das Ziel des gegenwärtigen wissenschaftlichen Strebens bezeichnen. Denn die Philosophie wird nicht in Wahrheit die allgemeine Wissenschaft, welche den Begriff der Wissenschaft erklärt, sein, wenn sie nicht neben sich Wissenschaften anderer Art anzuerkennen vermag. Ohne die Praxis des Erkennens giebt es keine Theorie und ohne besondere Wissenschaften keine allgemeine, welche die Grundbegriffe der besondern entwickelt und erklärt [1].

9. Die drei bezeichneten Richtungen in der Philosophie seit der Wiederherstellung der Wissenschaften haben auch auf die Naturforschung einen verschiedenen Einfluss geäussert. Es ist daraus eine empirische, mathematische und philosophische Naturforschung entstanden. Im Ganzen und Grossen wird die Naturforschung drei Aufgaben zu lösen haben; denn sie wird die ganze Mannigfaltigkeit des Stoffes durch Beobachtung, das Quantitative in der Masse, den Formen und Bewegungen durch Maassbestimmungen und durch Berechnung, und endlich den einheitlichen Zusammenhang des Ganzen durch philosophische Speculation erkennen müssen. Der Empirismus, welcher die Induction als die allein wahre Methode des Erkennens aufstellte, hat vornehmlich auf die Erforschung des mannigfaltigen Stoffes durch Beobachtung hingewirkt, weshalb man auch in dieser Richtung schliesslich in dem Stoffe selbst, in der Materie, allein das Wesen von allen Dingen meinte entdecken zu können. Die cartesische Richtung in der Philosophie aber hat vornehmlich auf die mathematische Naturforschung eingewirkt. In der mathematischen Speculation erkannte sie die allein wahre Methode des Erkennens. In Uebereinstimmung damit erklärte sie, dass das Wesen der Materie in der Ausdehnung, in der Figur bestehe, und suchte alles Qualitative auf Quantitätsbestimmungen zurückzuführen. Die sinnlichen Qualitäten der Materie, welche durch die Wahrnehmung erkannt werden, sollten daher nur in verschiedenen Gestaltungen und Bewegungen ihren Grund haben. Zahl, Maass, Gewicht, Figur bilden die Kategorien, worunter in dieser Richtung Alles subsumirt wird. Von DESCARTES stammt die neue Erklärung der Materie, wonach sie das ausgedehnte Wesen sein soll, während man vorher in Uebereinstimmung mit PLATO und ARISTOTELES die Materie als das Substrat des Werdens auffasste, das verschiedene Formen und Gestalten annehmen kann, eine Erklärung, die in der empiristischen Richtung, in dem französischen Materialismus wieder zum Vorschein kommt. Die mathematische Naturforschung aber steht mit der cartesischen Richtung in Verbindung. Die empiristische Richtung sucht das Qualitative an der Materie, die mathematische ihre Quantitätsbestimmungen geltend zu machen. An einer chemischen Verbindung betrachtet diese eine Zahlenformel als das Wesen derselben ausdrückend, während jene daran die qualitative Verschiedenheit des Stoffes beachtet. An sich bestehen beide Richtungen neben einander, historisch aber sind sie exclusiv gegen einander aufgetreten, indem die empiristische Richtung materialistisch wurde und nun in dem Stoffe allein

[1] HARMS' Prolegomena zur Philosophie. S. 182.

das Wesen von Allem fand und die mathematische Richtung, das Qualitative selbst, als einen blossen Sinnenschein behandelte, dem objectiv nur Quantitätsbestimmungen entsprechen sollen. Diese beiden Richtungen kämpfen auch gegenwärtig noch um das Primat, während sie in der That nur zwei gleichberechtigte Seiten einer Sache vertreten. Zu ihnen ist aber noch eine dritte Richtung der exclusiv philosophischen Naturforschung durch SCHELLING getreten. Sie glaubt, dass allein die philosophische Speculation die wahre Methode des Erkennens sei und Empirie und Mathematik philosophisch construirt werden müssten. Ihrer Methode gemäss sucht sie den Gedanken der Einheit und der Entwickelung in der Natur geltend zu machen. Da sie aber zugleich exclusiv gegen die Empirie und die Mathematik sich verhält, das Qualitative der Stoffe und die genauen Quantitätsbestimmungen durch Maass und Rechnung nicht beachtet, erklärt sie die Natur nur idealistisch als eine objective, jedoch bewusstlose Gedankenwelt, als eine objectivirte Logik. Die Logik ist hier nicht blos das Organon und Kriterion des Denkens, sondern auch die Quelle der Erkenntniss, weshalb in der Natur nichts anderes wirklich sein soll als Exemplificationen logischer Formen. Diese drei Richtungen in der Naturforschung, welche in der Natur das Qualitative und Stoffliche, das Quantitative, und endlich ihre einheitliche Entwickelung ergründen wollen, stehen demnach mit den drei Richtungen der neuen Philosophie, dem Empirismus, der mathematischen und philosophischen Speculation, als den allein wahren Methoden des Erkennens in Verbindung. Sie repräsentiren zugleich drei Formen der griechischen Naturphilosophie, nämlich die ionische, die pythagoreische und eleatische. Denn die ionische Naturphilosophie fand das Wesen der Natur in den Stoffen, woraus Alles entsteht, die pythagoreische aber meinte, es liege das Wesen der Dinge in der Zahl, der Gestalt, dem Maasse, und die eleatische suchte den Gedanken der Einheit in aller Entwickelung und der Mannigfaltigkeit der Dinge geltend zu machen. Die erstere ist vergleichungsweise empiristisch, die zweite mathematisch und die dritte logisch. Das inductive, mathematische und, wenn wir so sagen können, logische Organon gilt in jeder dieser Richtungen als das alleinige Normativ für das Erkennen. Wie zu einer vollständigen Erkenntniss aber Induction, mathematische und philosophische Speculation gehört, so gehören auch jene Richtung und ihre Erklärungen von der Natur in dem Positiven, was sie geltend machen, zusammen. und nur in ihrer Exclusivität und in ihren Verneinungen besteht das Einseitige, was wir nicht anerkennen können. Wenn in der Geschichte ein wahrer Fortschritt enthalten ist, so beweist die Geschichte der neuern Philosophie, welche im Zusammanhange mit der Entwickelung der realen Erkenntniss sich ausgebildet hat, dass die drei Methoden des Erkennens, welche sie geltend machte, auch für die Entwickelung und Ausbildung aller Wissenschaften nothwendig sind.

I. Geschichte der Theorie der inductiven Methode.

§. 40. BACON's Ansichten über die inductive Methode und der Empirismus.

1. In der Zeit, in welcher BACON lebte, begann man allgemeiner das Ungenügende der mittelalterlichen Philosophie und Wissenschaftsbildung zu em-

pfinden und eine Erneuerung der Wissenschaften zu erstreben, welche die Grundlage weiterer Fortschritte geworden ist. BACON selbst erstrebte eine gänzliche Umgestaltung der Wissenschaften, deren Plan er in der grossen Instauration auseinander setzte, wovon er jedoch nur die einleitenden Theile, nämlich die Encyklopädie [1] und die Methodenlehre der Wissenschaften [2] bearbeitete. Seine Ansichten über die Form und die Gegenstände der Wissenschaften hat BACON indess nicht in systematischer, sondern nur in aphoristischer Form dargestellt. In dieser Form, welche er zur Mittheilung seiner Meinungen anwandte, liegt ein Grund der verschiedenen Urtheile, welche über die Leistungen BACON's gefällt werden. Man stellt sie nicht sehr hoch, wenn man in der systematischen Form das Wesen der Wissenschaften und insbesondere das der Philosophie erkennt, und bezweifelt wohl, ob BACON überall ein Philosoph gewesen sei und nicht vielmehr blos ein praktischer Weltmann, der auch Vergnügen daran fand, mit den Wissenschaften sich zu beschäftigen und seine Erfahrungen, Reflexionen und Pläne mitzutheilen. Werthvoller aber erscheinen sie denen, die in der systematischen Form nur ein Mittel für die vollständige Erkenntniss der Dinge, welche die Wissenschaften erstreben, anerkennen. Gewiss liegt in dem Fehlen der systematischen Form in BACON's Werken ein Mangel, der uns aber nicht abhalten kann, sie doch als philosophische Werke von grosser Bedeutung zu betrachten; denn obgleich BACON kein System der Philosophie aufgestellt hat, so haben doch seine Ansichten einen grossen Einfluss auf die Entwickelung der Wissenschaften ausgeübt, worin um so mehr ein Beweis ihres innern Gehaltes liegt, als sie des Mittels der systematischen Form entbehren, wodurch philosophische Schriften oft mehr als durch ihren Gehalt Einfluss gewinnen. Seine Ansichten hat BACON mehr aus seiner reichen Lebenserfahrung und aus der Anschauung der objectiven Welt als aus den Formen des Denkens geschöpft. An diesem Orte aber werden wir uns nur mit BACON's Methodenlehre beschäftigen. Auch darüber aber sind die Meinungen und Urtheile noch zu keiner Sicherheit und Festigkeit gelangt. Bevor wir sie aber in Betracht ziehen, werden wir erst BACON's Ansichten über die inductive Methode selbst darstellen, da man nicht über eine Sache urtheilen kann, von der man noch keinen Begriff hat.

2. Um aber einen richtigen Begriff von BACON's methodologischen Ansichten zu gewinnen, muss man seine Bestreitung der aristotelischen Logik, wie sie durch die mittelalterliche Philosophie überliefert war, verbinden mit ihrer Reform, wie er sie beabsichtigte. In der Polemik gegen die aristotelische Logik, welche über ein Jahrtausend das Organon der Wissenschaften gewesen ist, stimmt BACON mit vielen seiner Zeitgenossen und Vorgängern überein; in der Reform der Methodenlehre aber, welche er erstrebte und bewirkte, unterscheidet er sich von allen. Der Mangel der Methode des Erkennens, welche ARISTOTELES aufgestellt und die Wissenschaften seitdem angewandt hatten, war längst und allgemein gefühlt und erkannt; nicht aber wusste man vor BACON die Mittel namenhaft zu machen, wodurch dieser Mangel aufgehoben und ergänzt werde. Das

[1] De dignitate et augmentis scientiarum. Engl. Lond. 1605. Lat. 1623.
[2] Novum organum scientiarum sive indicia vera de interpretatione naturae. Lond. 1620.

Neue, was das Alte ergänzt und an seine Stelle gesetzt werden kann, kannte man nicht, bevor Bacon es in seinem neuen Organon bekannt machte. Wie Alle, welche eine neue Periode in den geschichtlichen Entwickelungen der Wissenschaften und Künste gründen, zugleich eine vorhergehende abschliessen, die als eine Einleitung dazu angesehen werden kann, so that es auch Bacon. Seine Vorgänger und Zeitgenossen, die den Aristoteles in mehr als einer Beziehung bekämpften, gehören, was die Reform der Logik betrifft, nur jener einleitenden Periode an, welche Bacon nun zu Abschluss brachte, weil er zugleich eine neue gründete. Das Hauptargument aber, welches die Gegner der vormaligen Logik zur Aufdeckung ihrer Mängel gebrauchten und dessen auch Bacon sich bediente, besteht in dem Nachweis, dass diese Wissenschaft wohl lehre, wie fertige und gegebene Begriffe durch Schlüsse mit einander verbunden, nicht aber wie Begriffe allererst gefunden und entdeckt werden. Die Ausbildung der Wissenschaften aber bestehe nicht darin, dass wir in immer andern und andern Schlussformen darstellen, was wir schon wissen, sondern in der Erwerbung neuer Erkenntnisse, wozu dies scholastische Organon keine Anweisung enthalte. Was man daher erstrebte, war nicht eine Methode der Begriffsverbindung, sondern der Begriffsbildung; nicht ein Verfahren, Gegebenes zu beweisen, sondern Neues zu entdecken und zu erfinden. Bacon aber behauptete, dass diese Methode die Induction sei. Richtig sagt daher Mayr[1]: „Die Induction als die Kunst des Suchens und Findens ist von Bacon von Verulam in die Wissenschaften eingeführt worden, und er konnte mit Recht sagen, dass vor ihm niemals ernsthaft an die Induction gedacht worden sei. Sie war wie durch einen Schleier vor den Augen der Menschen verdeckt, und wurde offenbar, allgemein, überraschend und erfolgreich, als die Hand gekommen war, die diesen Schleier wegzog.“ Schon vor Bacon ist in den Wissenschaften und ihrer Methodenlehre mehrfach von der Induction und der Erfahrung als Hülfsmittel und Quelle der Erkenntniss geredet worden, jedoch nur wie vor Columbus von Amerika. Denn das Verfahren, welches man ehedem Induction nannte, und die Erfahrung, welche man als Hülfsmittel und Quelle der Erkenntniss annahm, sind nicht die Induction und die Erfahrung, welche Bacon in seinem neuen Organon beschreibt. Dies selbst vielmehr belehrt uns darüber, was inductives Verfahren und Empirie als Hülfsmittel und Quelle der Wissenschaften ist, und zeigt damit zugleich, wie sich das Eine von dem Andern unterscheidet, nämlich die Induction und Empirie vor und nach Bacon.

3. Wir erwähnen hier zuerst allgemeine Bestimmungen über den Zweck und die Aufgabe der Wissenschaften, wie über das Gebiet der Naturforschung insbesondere, welche den methodologischen Ansichten Bacon's zu Grunde liegen. Von der müssigen Speculation und der Streitsucht der Schulen, welche die formale Logik förderte, verwies Bacon die Wissenschaften auf den Nutzen, den sie dem praktischen Leben gewähren sollen, und lenkte ihre Aufmerksamkeit von dem Formalismus der Schlussketten und spitzfindigen Worterklärungen auf die Erfahrung und die Erkenntniss der Sachen. Hierin aber erkannte er nicht

[1] Untersuchungen über die wissenschaftliche Methode. S. 220.

das letzte Ziel der Wissenschaften, welches vielmehr der Begriff Gottes sei, auf den sich alle Erkenntniss beziehe. Nur die oberflächliche Philosophie führe von Gott ab, die tiefere aber führe zu Gott zurück. Denn die Wissenschaft sei das Bild der Wahrheit, welche Gott ist. Dies ihr letztes Ziel können die Wissenschaften freilich nicht erreichen, enthalten aber doch einen Vorbau dazu. Den Nutzen daher, den die Wissenschaften dem praktischen Leben, wie Bacon verlangt, gewähren sollen, leisten sie nur, indem sie zugleich ihren höchsten Zweck, die Erkenntniss der absoluten Wahrheit, erstreben. Mit diesen allgemeinen Bestimmungen über den Zweck und die Aufgabe der Wissenschaften nach Bacon verbinden wir seine Angaben über das Gebiet und die Begrenzung der Naturforschung. Indem er sich der Lehre des Aristoteles von den vier Ursachen, woraus alle Erscheinungen zu erklären sind, anschliesst, beschränkt er das Gebiet der Naturwissenschaften auf die Erforschung der materiellen, formellen und bewegenden Ursachen der Erscheinungen und verweist die Untersuchung über die Endursachen aus der Physik in die Metaphysik. Er läugnete damit nicht die Endursachen, und findet sie nicht in Widerstreit mit den physischen Ursachen; sondern er schied nur ihre Erkenntniss von einander, indem die Naturwissenschaften die Phänomene nur nach ihrer Materie, Form und Bewegung, die Metaphysik aber und Theologie sie nach ihren Endzwecken zu erkennen haben. Wenn es gleich in der Natur Zwecke giebt, welche mit ihr nicht in Widerstreit stehen, so sei doch die Erklärung aus Zwecken keine Aufgabe der Physik, welche ihre Erkenntniss verunreinigt, wenn sie leisten will, was andern Wissenschaften zu erkennen obliegt [1].

4. Indem Bacon das Gebiet der Naturwissenschaften auf die Erforschung der physischen Ursachen, der Gesetze zur Erklärung der Erscheinungen, einschränkte, empfiehlt er nun die Induction als das Mittel und den Weg zur Erreichung dieser Aufgabe. Er stellt aber die Induction als die Interpretation der Natur, welche auf dem richtigen Wege aus den Gegenständen selbst entnommen ist, der Methode der Anticipationen der Natur, welche nicht aus ihr selbst geschöpft sind, entgegen, und fordert, dass wir in der Erkenntniss aller Dinge zur Natur zurückkehren. Denn diese selbst enthalte das Maass der Erkenntniss, nicht aber der Mensch, der sich oft zum Maass der Natur mache und ihr eine Ordnung unterlege, welche aber nicht die Ordnung der Natur sei. Bacon will also, dass wir die Erkenntniss der Gegenstände aus diesen selbst schöpfen, nicht aber aus unsern unreifen Begriffen. Denn der menschliche Verstand sei überhaupt kein Planspiegel der Natur, der den Lichtstrahl so wieder giebt, wie er ihn empfängt, er gleiche vielmehr einem unebenen Spiegel zur Auffassung der Gegenstände, welcher ihrem Wesen das seinige beimische und es verdrehe; er sei kein reines Licht, sondern Eigensinn und Affecte trüben ihn. In uns kennen wir nur den gebrochenen und reflectirten Lichtstrahl; die Kunst der Forschung, die Induction, die Interpretation der Natur aber gehe dahin, hieraus den einfallenden Strahl zu erkennen. Die gewöhnliche Induction begnügt sich mit dem gebrochenen und reflectirten Lichte, die wahre aber sucht an der Sache

[1] Nov. org. I, 81. De dign. et augm. I, 30, 41; III, 4, 5. Nov. org. I, 66; II, 2.

die Sache selbst zu erkennen. Solle aber dies durch die Induction geleistet werden, so bestehe ihr erstes Geschäft darin, den Verstand von seinen Unebenheiten, den Vorurtheilen, die aus der menschlichen Natur, aus unserm individuellen Standpunkte, aus der gesellschaftlichen Stellung und der Ueberlieferung entspringen, zu befreien, damit er für die Erkenntniss der Wahrheit empfänglich werde [1]. In diesen Bestimmungen BACON's über die Induction als die Interpretation der Natur im Gegensatze mit dem gewöhnlichen Verfahren erkennen wir einerseits als eine wesentliche Bestimmung derselben, dass die wahre Induction eine Vorbereitung erfordert in der Ablegung aller Vorurtheile, und andererseits, dass sie eine Erkenntniss objectiver Wahrheiten verlangt, welche nicht in der menschlichen Vorstellung, sondern in der Natur der Dinge selbst ihren Maassstab hat.

5. Der positive Weg aber, den wir einschlagen müssen, um die Natur zu erkennen, besteht nicht darin, dass wir von den höchsten Abstractionen, die nur vage und oberflächliche Vorstellungen von den Dingen enthalten, ausgehen, sondern, dass wir von unten anfangen, von der Wahrnehmung des Einzelnen und Besondern. Die Erfahrung bildet daher das Fundament der Erkenntniss. Sie ist die directe Erkenntniss zu der reflexiven, welche der Verstand enthält. Aus seinen Ideen, Vorstellungen und Begriffen lässt sich das Wirkliche nicht erkennen, da es nicht darin enthalten ist; dazu sind vielmehr Wahrnehmungen an den Dingen selbst unumgänglich nothwendig. Die Erkenntniss des Verstandes muss aus der Erfahrung geschöpft sein, wenn das Wirkliche erkannt werden soll. Allein die Erfahrung liefert uns nur Einzelnes und Besonderes, nicht aber die Erkenntniss des Allgemeinen und der Gesetze, welche das Ziel der inductiven Methode bildet. Die Induction kann die Erfahrung daher auch nur als ein Mittel für die Erkenntniss des Allgemeinen und der Gesetze betrachten und soll daher auch nicht bei der Erfahrung stehen bleiben, sondern aus ihr die Erkenntniss der Gesetze, woraus die Erscheinungen erklärt werden, schöpfen. In dem einen besteht ihr Ausgangspunkt, in dem andern ihr Ziel. Beides aber mit einander zu vermitteln, ist sie bestimmt. Die Induction ist daher der Erkenntnissprocess, worin wir von dem Einzelnen zum Ganzen, von dem Besondern zum Allgemeinen, von den Erscheinungen zu den Gesetzen, von den Anschauungen zu den Begriffen aufsteigen. Eine blosse Sammlung von Erfahrungen und Thatsachen, so nothwendig sie auch ist, ist deshalb auch noch keine Induction, sondern nur ihr Anfang. Eine Induction, die nur sammelt und durch blosse Aufzählung der Fälle erkennt, nennt BACON eine Kinderei. Denn dadurch wird ihr Ziel, die Erkenntniss des Allgemeinen und der Gesetze, verfehlt. Die Induction durch Aufzählung vieler Fälle, ohne zum Allgemeinen zu gelangen, ist daher nicht die Methode, welche BACON für die Ausbildung der Wissenschaften empfohlen hat. Er erweiterte und vervollständigte vielmehr ihren Begriff, indem er ihren wahren Endzweck, die Erkenntniss der Gesetze aus der wahrgenommenen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, erkannte. Auch in dieser Beziehung bildet daher die BACON'sche Induction mit den gewöhnlichen einen Gegensatz, indem diese für das Ganze

[1] Nov. org. I. 26. 49. 39.

hält, was nach jener nur ein Theil des Ganzen ist. Entsprechend dieser Bestimmung von der Aufgabe des inductiven Verfahrens, vergleicht BACON auch den Bau der Wissenschaft mit einer Pyramide, deren Basis die Geschichte und die Erfahrung bilde, deren zweites Stockwerk aber die Wissenschaften von den bewegenden und formellen Ursachen einnehmen, deren Gipfel endlich das oberste Naturgesetz sei. Dies zu erkennen, ist das Endziel der inductiven Methode, welches sie aber nur erreicht durch das Aufsteigen von der Basis durch alle mittlern Stockwerke bis zur höchsten Höhe, von wo aus sie das Ganze zu überschauen vermag. Auf dieser Höhe befindet sich der Mensch nicht von Natur; sein natürlicher Standpunkt ist vielmehr an der Basis der Pyramide. Durch die Kunst der Induction aber vermag er sich darüber allmälig zu erheben [1].

6. Das Allgemeinste in der Natur, was die Induction zuletzt erkennt, betrachtet BACON als in sich selbst begründet, wofür nach einer weitern Ursache zu forschen thöricht sei. „Es verräth“, sagt er, „dieselbe Oberflächlichkeit und Unerfahrenheit im Denken, bei dem höchsten Allgemeinen eine Ursache auffinden zu wollen, wie bei dem Untergeordneten nach keiner zu fragen.“ Ohne unsere Gedanken aber auf das Allgemeine zu richten, wie es die Induction verlangt, gewinnen wir auch keine Erkenntniss. „Nimmermehr werdet Ihr das Wesen eines Dinges mit Erfolg am Dinge selbst erforschen, sondern Ihr müsst Eure Untersuchung auf das Allgemeinste ausdehnen“, denn „was ein Geheimniss an dem einen Dinge sei, zeigt sich an dem andern offenbar“. Die BACON'sche Induction will also eine Verbindung des Besondern mit dem Allgemeinen, der Thatsachen mit den Gesetzen, der Erfahrung mit dem Denken. Jenes ist ihr Ausgangspunkt, dieses ihr Ziel. „Die bisherigen Philosophen“, so äussert sich BACON hierüber, „waren entweder Empiriker oder Rationalisten. Die Empiriker begnügten sich damit, Alles zum einstigen Gebrauche zusammen zu tragen, wie die Ameise. Die Rationalisten entwickelten ihre Gewebe aus sich selbst, wie die Spinnen. Zwischen beiden hält die Biene das Mittel; aus den Blumen der Felder und Gärten sammelt sie ihren Stoff; den aber verarbeitet sie durch ihre eigene Kraft.“ So soll auch die inductive Wissenschaft erst den Stoff sammeln, dann ihn aber durch den Verstand bearbeiten, damit wir ihn begreifen. „Wir sind keineswegs für die Unbegreiflichkeit, sondern für das wahre Begreifen: wir wollen nicht die sinnliche Wahrnehmung verdächtigen, sondern ihr zu Hülfe kommen, den Verstand nicht hintenansetzen, sondern ihn leiten. In der That, es ist besser, die Erfordernisse der Erkenntniss sich klar zu machen und gleichwohl zu glauben, dass man nicht Alles wisse, als sich einzubilden, man wisse Alles, und doch nicht einmal zu wissen, wie viel dazu nöthig ist.“ Diese Erfordernisse zu bestimmen und die Mittel für ihre Erfüllung zu erkennen, ist die Aufgabe des neuen Organon, das BACON verfasste [2].

7. Nicht blos mit dem Ausgangspunkte und dem Ziele oder dem Probleme der inductiven Methode, sondern auch mit den Mitteln, welche zur Lösung ihres Problemes, zur Vermittelung ihres Anfanges mit ihrem Ende dienen, beschäftigt

---

[1] Nov. org. I. 106. De dign. et augm. sc. III. 4. p. 109.
[2] Nov. org. I. 48, 70, 80, 95, 126.

sich Bacon. In dieser Beziehung betrachten wir zuerst seine Bestimmungen über die Erfahrung. Die Erfahrung, welche die Grundlage der inductiven Erkenntniss bilden soll, kann nicht die gemeine, sondern nur eine wissenschaftliche und bewährte sein. „Man verfuhr in der Philosophie mit der Erfahrung", bemerkt Bacon, „wie in einem Staate, wo man seine politischen Maassregeln nicht nach den Briefen und Rathschlägen glaubwürdiger Gesandten, sondern nach leeren Stadtgerüchten nimmt." Unbestimmte, verworrene Beobachtungen können aber nur falsche, täuschende Begriffe zur Folge haben. Die Erfahrung als Grundlage der Induction muss daher selbst eine bewährte sein. Sie muss durch Instrumente und Experimente erst geprüft werden, wodurch erst der wahre Erkenntnissinhalt der Erfahrung, welche zur Induction dienen soll, zum Bewusstsein kommt. „Es ist ausserdem eine falsche Annahme, dass unsere Sinne der Maassstab der Dinge seien. Vielmehr sind alle Wahrnehmungen, sinnliche wie geistige, der Beschaffenheit des Beobachters, und nicht dem Weltall analog. Die Sinne, an sich schwach und wankend, müssen durch den Verstand unterstützt werden, denn Instrumente und Experimente sind Erfindungen des Verstandes. Die Sinne entscheiden nur über den Versuch, der Versuch aber erst über die Natur und die Sache selbst." „Die gewöhnliche Erfahrung sei um nichts besser, als ein blosses Herumtappen in finsterer Nacht, um den Weg zu finden, da es doch weit gescheiter wäre, den Tag abzuwarten oder eine Laterne anzuzünden. So nämlich verfahre eben die echte Erfahrung, sie sorge zuerst für das Licht und beleuchte damit ihren Weg [1]." Die Bacon'sche Induction will nicht blind verfahren, sondern das Ziel vor Augen, beobachtet und experimentirt sie. Die blinde Induction macht Beobachtungen und Entdeckungen, welche zu keinem Ergebniss und Aufschluss gelangen. Soll sie aber Aufschlüsse und Aufklärungen uns gewähren, so muss die beobachtende und experimentirende Naturforschung das Ziel des Denkens schon kennen, dessen Bestimmungen dadurch gefunden werden sollen. Als Fundament der Erkenntniss ist die Erfahrung von Vielen schon vor Bacon angenommen und empfohlen worden; er aber schied die gemeine von der wissenschaftlichen Erfahrung, welche nicht blind zu Werke geht und erst durch die Kunst der Beobachtungen und der Experimente den Erkenntnissinhalt der Erfahrung feststellt, welche der Induction zum Ausgangspunkte dienen soll.

8. Mit der Sammlung beglaubigter Thatsachen und der Erfindung von Instrumenten und Versuchen zur Erzeugung und Vervollständigung der Erfahrung ist der inductive Erkenntnissprocess jedoch noch nicht abgethan, sondern nur eingeleitet. Denn, was noch hinzukommen muss, sind die Vermittelungen des Denkens, die Verarbeitung des Stoffes zu begrifflichen Erkenntnissen. Es besteht hierin die grössere Kunst der Induction, aber auch der ungleich schwierigere Theil ihrer Theorie. Bacon hat mit grosser Sorgfalt und Umsicht auch diesen Theil der inductiven Methodenlehre bearbeitet, wie es vorher nie, auch nur versucht worden ist. Die Männer der inductiven Praxis pflegen wie die Künstler und im Allgemeinen die Männer der That zugleich weniger Interesse an theo-

---

[1] Nov. org. I, 98. 41, 50, 82.

retischen Betrachtungen über ihre Productionen, seien diese inductive Erkenntnisse, schöne Werke, oder gemeinnützige Handlungen, zu bethätigen, ja im Gegentheil solche Untersuchungen mehr zu perhorresciren, als zu unterstützen; und die Logiker pflegen in den Formalismus der Syllogismen so vertieft zu sein, dass sie das wirkliche Denken, welches aus der Erfahrung Erkenntnisse schöpft, nicht bemerken oder es darin wieder vergraben, als hätte es nie existirt. Um so mehr haben wir es anzuerkennen, dass Bacon seine Gedanken zuerst auf die Theorie der inductiven Vermittelungen in ausführlicher Weise richtete. Er macht in dieser Beziehung der aristotelischen Induction den Vorwurf, dass sie von der sinnlichen Wahrnehmung sogleich sprungweise, indem sie das Einzelne nur flüchtig durchstreift, zu den höchst allgemeinen Grundsätzen gelange. So dürfe die wahre Induction nicht verfahren, sondern sie steige, indem sie die Erfahrung bedächtig und ordnungsgemäss in ihrer ganzen Ausdehnung durchziehe, allmälig und stufenweise höher, und gelange erst ganz zuletzt zu dem Allgemeinsten und Höchsten. Bacon verlangt daher eine vollständige Induction, welche alle Fälle in Betracht zieht und ordnungsmässig aufsteigt, die nicht aus vereinzelten Thatsachen folgernd sogleich wieder in das Reich der Abstractionen sich verliert. „Die Induction müsse zuerst trennen und sondern, alsdann, nach hinreichender Anzahl von Negativen, auf die übriggebliebenen Positiven schliessen, was bis dahin nicht geschehen sei, ausser etwa von Plato, der es gewissermassen bei der Entwickelung seiner Ideen und Definitionen anwandte.“ Obwohl Aristoteles theils wegen seiner ausgedehnten empirischen Erkenntnisse, theils weil er auch in der Philosophie mehr die Erfahrung berücksichtigt, mit Recht der Empiriker unter den Philosophen heisst, nennt doch an diesem Orte Bacon nicht den Aristoteles, sondern Plato seinen Vorgänger, weil Aristoteles der Erfahrung zu viel zuschreibt, und ihren Werth daher nicht richtig bestimmt. Zu viel traut er ihr zu, weil er einzelne Fälle der Erfahrung zur Induction der Begriffe für zureichend ansieht und, ohne sie durchzugehen, sprungweise zum Allgemeinsten gelangt, indess Plato, wie Sokrates, der erste Entdecker der Induction oder der ἐπαγωγή, durch viele Fälle der Erfahrung kennend und sondernd, verneinend und bejahend, Begriffserklärungen zu gewinnen sucht. Den Antheil des Denkens in der inductiven Erkenntniss will Bacon daher nicht übersehen wissen, und dringt deshalb darauf, dass man die Erfahrung vollständig durchgehe und durch Scheidung und Verbindung, allmälig aufsteigend, zu Begriffen gelange. Er hat ausführlich und sorgfältig diesen Process des ordnenden Denkens beschrieben, und verlangt, um dadurch zu einem Ergebniss zu gelangen, dass zuerst eine Tafel der Fälle aufgestellt werde, in welchen der Begriff des zu untersuchenden Gegenstandes in den verschiedensten Materien vorkomme: *Tabula essentiae et praesentiae.* Dann soll eine Tafel der Fälle folgen, welche die auffallendsten Verneinungen enthalten, welche den bejahenden Fällen zur Seite und mit ihnen in Vergleich zu stellen sind: *Tabula declinationis et absentiae.* Zuletzt müssen auch die Fälle bemerkt werden, worin der Grund des Vorhandenseins oder der Abwesenheit zur Frage kommt: *Tabula graduum sive comparativae.* Die Vollständigkeit dieses Verfahrens beruht wesentlich auf der Ausschliessung aller verneinenden Fälle. Die Macht der verneinenden Instanzen, lehrt Bacon, sei

grösser, als die der bejahenden, denn erst nach einer vollständigen Beseitigung aller übrigen Formen gelange man zu einem bejahenden Ergebniss. Die Induction müsse, um das Verständniss der Formen oder der Gesetze zu gewinnen, von den Einzelheiten abstrahiren, welche nicht mit dem Wesen der Sache zusammenhängen, oder welche noch vorkommen, wenn auch das Wesen der Sache umgeändert ist, oder welche sich steigern können, wenn Das, worauf es ankommt, abnimmt, oder umgekehrt. Wenn aber so das einzelne Unwesentliche ausgeschlossen sei, so bleibe, nachdem die falschen Ansichten verflüchtigt sind, die wahre, richtig bestimmte, solide Form als Residuum auf dem Boden zurück [1]. Auf die Methode der Ausschliessung und des indirecten Beweises, als Hülfsmittel der Induction, um zu einem positiven Ergebniss dadurch zu gelangen, hat Bacon mit Recht grosses Gewicht gelegt; denn der indirecte Beweis ist nicht, wie man glaubt, blos ein Nothbehelf und ein Ersatzmittel, wo der directe nicht oder noch nicht beschafft werden kann, sondern ebenso wesentlich und nothwendig an seinem Orte, wie der directe an dem seinigen; denn durch blosse Bejahung ohne Verneinung, durch blosse Verbindung ohne Scheidung, durch blosse Gleichsetzung ohne Entgegensetzung lässt sich nichts erkennen. Wie nach Bacon die Wahrheit leichter aus dem Irrthum als aus der Verwirrung emportaucht, so gewährt auch die indirecte Beweisführung an ihrem Orte mehr, als eine directe, wo sie nicht stattfinden kann. Bacon beschreibt die Induction demnach als einen Erkenntnissprocess, der wesentlich durch die genannten drei Stufen der Vermittelung hindurch geht, um erst am Ende zu einem positiven Ergebniss zu gelangen, denn die Wahrheit ist das Resultat des Nachdenkens über das Wahrgenommene. Er hat aber diesen Process noch weiter im Einzelnen beschrieben, indem er unter der Benennung der Prärogativen der Instanzen viele Klassen solcher Fälle unterscheidet und aufzählt, welche bei der Untersuchung eines bestimmten Naturgesetzes in Betracht zu ziehen sind, wovon einige, wie die *experimenta crucis*, die Instanzen des Kreuzweges, auch zu allgemeiner Anerkennung gekommen sind. Wir betrachten sie hier aber nicht weiter, da sie uns nur zeigen, wie Bacon einerseits überall die Beobachtung eines geordneten Verfahrens und andererseits die individuelle Angemessenheit desselben für die einzelnen Objecte der Induction verlangt. Die Erläuterungen durch Beispiele, welche er selbst von der Anwendung seines Verfahrens und den Prärogativen der Instanzen giebt, ist auch nicht überall zutreffend, wie seine eigenen Beobachtungen und Versuche von geringem Werthe sind. Wollte man hieraus aber, wie es von Einigen geschehen ist, über den Werth von Bacon's inductiver Methodenlehre urtheilen, so würde man die Theorie mit ihrer Anwendung verwechseln. Jene aber nach dieser allein zu beurtheilen, sind wir am wenigsten bei Bacon berechtigt, bei dem überhaupt die Praxis mit der Theorie nicht harmonirt. Jene kommt hier überdies nicht in Betracht und darf nicht zum Maassstab für die Beurtheilung dieser gemacht werden; denn nicht in der Praxis, sondern in der Theorie der inductiven Erkenntniss hat Bacon Bahn gebrochen. Wie jede Methodenlehre aber, so beschreibt auch die Bacon'sche nur Ideale, Grundsätze und Forderungen des

[1] Nov. org. I, 19, 105; II, 11, 12, 13, 15.

Erkennens, welche erst durch ihre Anwendung reale Erkenntnisse schaffen. BACON's Theorie der inductiven Methode ist wohl im Einzelnen, wie wir später ausführen werden, erweitert und ergänzt worden, im Ganzen aber und in den wesentlichsten Punkten nicht, weshalb von ihr dasselbe gilt, was KANT von der formalen Logik sagt, dass sie seit dem ARISTOTELES, ihrem Erfinder, keinen Schritt rückwärts, noch vorwärts gethan habe; denn auch die inductive Logik BACON's hat fast dasselbe Schicksal gehabt, dass sie mit ihrer Erfindung auch für vollendet gehalten worden ist.

9. BACON's Organon hat nun aber auch die verschiedensten Beurtheilungen von Seiten der Naturforscher, wie der Philosphen erfahren, wovon wir hier aber nur eine als Repräsentant von vielen betrachten. Noch in unserer Zeit hat BREWSTER [1], in Anlass von Ueberschätzungen, BACON's Verdienste, seine methodologischen Untersuchungen auf ihr geringstes Maass herabzusetzen versucht, indem er theils seine nachhaltige Einwirkung auf die nachfolgenden Zeiten, theils die Originalität seiner Erfindung bestreitet. Was das letztere betrifft, so bemerkt BREWSTER nicht mit Unrecht, dass die Nothwendigkeit einer durch Experimente geleiteten Untersuchung und der allmäligen Fortschreitung von dem Studium der Thatsachen zu der Bestimmung ihrer Ursachen, obgleich die Grundlage der BACON'schen Methoden, dennoch eine Lehre sei, welche nicht blos von den vorhergehenden Forschern eingeschärft, sondern auch mit glücklichem Erfolge angewandt worden sei, und verweist hierüber einerseits auf TYCHO DE BRAHE, KEPLER, KOPERNICUS, GILBERT und GALLILEI u. A., welche ihre Resultate der Anwendung der inductiven Methode verdanken, und andererseits namentlich auf LEONARDO DA VINCI, der auf die klarste Art die eigentliche Methode der Naturforschung beschrieben und Alles den Forschern gesagt habe, was sie zur Erforschung der allgemeinen Gesetze bedürfen. Allein aus dieser Argumentation folgt nicht, was dadurch bewiesen sein soll, dass die ausgezeichneten Forscher, die vor BACON gelebt haben, vollkommen Meister auch in den Principien und der Theorie der Induction waren, wie sie es in der Praxis dieser Untersuchungsmethode ohne Zweifel waren; sondern es folgt nur daraus, dass in jener Zeit allgemein das Bedürfniss nach einer Umgestaltung der Wissenschaften empfunden und die Erfahrung als ein Hülfsmittel der Erkenntniss gebraucht und angewandt wurde. Denn aus den gelegentlichen Bemerkungen der inductiven Forscher und des LEONARDO DA VINCI über die Untersuchungsmethode, welche sie in ihren Wissenschaften anwandten, und die dafür auch vollständig genügen können, erkennen wir wohl, dass sie nicht ohne Bewusstsein verfuhren, nicht aber die inductive Methode nach ihren allgemeinen Principien, Bedingungen, Forderungen und Vermittelungen, wie sie zuerst in BACON's neuem Organon abgehandelt worden sind. Keine wissenschaftliche Forschung ist ganz ohne ein Bewusstsein von sich; von solchen gelegentlichen Erfahrungen aber bis zur allgemeinen Theorie, wie BACON sie aufstellte, ist ebenso weit wie von Beobachtungen zu ihrer Erklärung. Ohne Zweifel ist sein Organon nicht vom Himmel

[1] Sir ISAAK NEWTON's Leben nebst einer Darstellung seiner Entdeckungen von Sir DAVID BREWSTER, übersetzt von B. M. GOLDBERG, mit Anmerkungen von J. W. BRANDES. Leipzig 1833. S. 276 u. f.

gefallen, sondern durch die Zeiten vorbereitet entstanden. So wenig wir aber Grund haben, denen die Entdeckung von Newton's Gravitationstheorie zuzuschreiben, welche ganz nahe daran waren, diese Entdeckung zu machen, so wenig dürfen wir Bacon's Verdienste um die inductive Methodenlehre auf Kosten seiner Vorgänger herabsetzen, weil sie das Werk vorbereitet haben, das er zum Abschluss brachte, und wovon überdies eine directe Einwirkung auf Bacon nachzuweisen ausserordentlich schwer sein möchte. Ebenso aber, wie die Originalität bestreitet Brewster auch den nachhaltigen Einfluss von Bacon's Organon „auf die ihm folgenden Philosophen", wobei er indess diesen Begriff in der unbestimmten Allgemeinheit fasst, wie es die Engländer zu thun pflegen. Allein diesen Einfluss will Brewster nicht nach der Natur der Sache beurtheilen, sondern nach der „Dankbarkeit" und dem „Weihrauch, welchen die Bearbeiter der Wissenschaften an dem heiligen Altar eines Wohlthäters opfern, dessen grossmüthige Arbeiten sie zur Unsterblichkeit führten." Hiervon aber finden sich in Betreff von Bacon's Leistungen bei Newton und Andern nichts. Allein, selbst abgesehen von diesem gänzlich unangemessenen Maassstabe der Beurtheilung, nach der dankbaren Erwähnung von Bacon's Namen, verwechselt Brewster auch hierbei immer den Gebrauch und die Theorie der inductiven Methode, sonst würde er sich daran erinnert haben, wie sehr die Entwickelung der Philosophie noch zur Zeit in England von Bacon abhängig ist und wie noch in neuester Zeit Männer wie J. F. W. Herschel, Mill, Whewell Bacon's Organon weiter auszubilden sich bemüht haben, welche auch zugleich wissen, dass die Fortschritte auf einem wissenschaftlichen Gebiete auch zugleich auf die Entwickelung der übrigen fortgehend influiren. Solche Anregungen wird man aber, um sie zu erkennen, nicht in persönlichen Beziehungen, sondern in den gegenseitigen Einwirkungen der Wissenschaft selbst auf einander aufsuchen müssen, wovon die Arbeiten der genannten Naturforscher, welche auf die Anwendung, wie auf die Theorie der inductiven Methode sich erstrecken, selbst überdies einen Beweis geben, sodass wir keinen Grund haben, den nachhaltigen Einfluss von Bacon's Organon in Zweifel zu ziehen.

10. Für die Beurtheilung von Bacon's Organon selbst aber kommt es wesentlich darauf an, zu erkennen, dass er die inductive Methode nicht blos als ein Verfahren zur Ergänzung der Syllogistik, sondern als die alleinige Methode für die Ausbildung aller Wissenschaften ansieht. Seine Inductionsmethode, behauptet er, umfasse Alles ohne Ausnahme, wie auch die gewöhnliche Logik Alles umfasst habe. In dieser Exclusivität besteht der Empirismus, der von Bacon ausgeht. Das richtige Verfahren der empirischen Naturforschung betrachtet der Empirismus als die alleinige Methode aller Wissenschaften. Wie Aristoteles den Syllogismus, so überschätzte Bacon die Induction. In der abstracten Allgemeinheit, in der er sie auffasst, übersieht er, dass dies Verfahren schon in den Wissenschaften der Geschichte andere Bedingungen und Forderungen stellt, als in der Naturkunde, da diese es immer nur mit Arten zu thun hat und sie die Individuen nur als Exemplare der Gattungen ansieht, während die Geschichte auch die einzelnen Personen und Individuen nicht als blosse Exemplare und Numerationen der Arten ansehen kann. Schon auf diesem Er-

fahrungsgebiete verlangt die Induction daher andere Modificationen als auf dem der Naturwissenschaften. Dies ist aber noch in höherem Maasse der Fall in den speculativen Wissenschaften der Mathematik und der Philosophie, wo die Induction selbst nur ein Hülfsmittel der Speculation ist. Weil aber Bacon die Induction allein als die Methode des Erkennens betrachtet, übersieht er nicht blos die verschiedenen Bedingungen, welche durch die Natur der verschiedenen Wissenschaften ihr gestellt werden, sondern beachtet auch nicht, dass in den inductiven Erkenntnissprocess fortgehend die Methode der Speculation oder Deduction eingreift. Das deductive Verfahren betrachtet Bacon nur wie Aristoteles als Syllogismus, der gegebene Begriffe und Urtheile mit einander verbindet, und findet dasselbe nur brauchbar für das Disputiren, für die Theologie und die praktischen Wissenschaften der Gesetzgebung, welche nur gegebene Fälle der Erfahrung unter ebenso gegebenen Gesetzen oder Begriffen subsumiren. Aus dieser Ansicht über das Verhältniss der inductiven zur deductiven Methode ist die Meinung des Empirismus hervorgegangen, dass alle Erkenntniss entweder nur Schlüsse oder Inductionen seien. Diese allein erfinde und bilde Begriffe, welche nur der Syllogismus mit einander verbinde. Wenn aber Induction und Syllogismus dies Verhältniss zu einander haben sollen, so wird zur inductiven Methode weit mehr gerechnet, als zu ihr gehört, da alsdann auch das Verfahren der Analogie und der Eintheilung der Begriffe, wodurch doch nichts Allgemeines aus dem Besondern, sondern umgekehrt, Besonderes aus dem Allgemeinen bestimmt und erkannt wird, dazu gerechnet werden muss, und die Induction deshalb nicht blos das regressive und aufsteigende Verfahren in der Erkenntniss der Dinge, sondern auch das progressive und herabsteigende oder die Speculation und Deduction sein würde. Wenn man von vornherein daher alle Vermittelungen des Denkens auf der einen Seite unter dem Titel der Schlüsse und auf der andern unter dem Namen der Induction versteht, so übersieht man das Eingreifen der speculativen Methode in die Induction, indem man die wesentlichen Hülfsmittel des speculativen Verfahrens als immanente Bestimmungsstücke der Induction begreift, und doch nicht weiss, dass sie darin nur etwas zu Lehn hat, was einem andern Gedankengange angehört, wodurch aber auch die speculative Methode zu einem blossen Momente der Induction herabgesetzt, in ihrem eigenen Wesen nicht erkannt und anerkannt wird, da, wie schon die Mathematik zeigt, der Gebrauch des disjunctiven und vergleichenden Verfahrens an sich mehr leistet als demselben als einem blos fremden Hülfsmittel der Induction zugeschrieben werden kann. Indem aber der Empirismus die Speculation nur als ein Moment in dem inductiven Gedankengange selbst auffasst, erscheint als ein Ergebniss der inductiven Forschung, was doch nur eine Voraussetzung der inductiven Methode ist, nämlich die speculativen Lehren und Grundsätze der Mathematik und der Philosophie. Keine Induction kann in Wahrheit stattfinden, ohne die Voraussetzung von der allgemeinen und nothwendigen Gültigkeit der speculativen Lehren und Grundsätze der Mathematik und der Philosophie. Wo sie Beobachtungen anstellt, Thatsachen sammelt und aus diesen Begriffen bildet, wodurch die Ursachen und Gesetze der Phänomene gedacht worden, setzt auch schon die Gültigkeit der mathematischen Lehren voraus, ohne die ihr alle Sicherheit und

Gewissheit mangeln würde. Jegliche Induction ist von Anfang an nicht, wie der Empirismus meint, weil er das speculative Verfahren blos als ein Moment der Induction kennt, eine Production, sondern eine Anwendung apriorischer Begriffe der Philosophie und der Mathematik, zu deren Bildung daher auch ein anderes als inductives Verfahren nothwendig ist. Wenn daher BACON von dem richtigen Gedanken ausgeht, dass die Wissenschaftsbildung nicht blos ein Verfahren der Verbindung gegebener Begriffe mit einander in Syllogismen, sondern auch eine Methode für die Bildung der Begriffe fordere, so können wir doch nicht mit ihm behaupten, dass es nur ein solches Verfahren gebe und dies die Induction sei; denn alle Verbindung gegebener Begriffe in Syllogismen setzt nicht blos voraus, dass wir Obersätze finden, wenn die Erfahrung uns Untersätze giebt, wie es die Induction thut, welche MILL daher mit Recht einen Schluss nennt, zu dem der Obersatz fehle und gesucht werde, sondern dass wir auch Untersätze finden, wenn uns Obersätze gegeben sind, denn es genügt nicht, dass wir inductiv die Ursache der Störungen der Planeten erkennen, wir müssen auch speculativ aus jenen diese erkennen können, wie LEVERRIER es gethan hat, wenn die Erkenntniss sich vollenden soll. Der Weg der Speculation aber ist ein anderer als der der Induction, wenn auch beide Hülfsmittel für einander sind. Wenn wir, die Höhe ersteigend, eine Ansicht von der Welt gewinnen, so erwerben wir eine andere, wenn wir herabsteigen, welche einander ergänzen, falls wir in der einen der andern gedenken. Aus diesem Vergleiche aber ersieht man, dass in der Induction die Speculation nur anticipirt, aber nicht beschafft wird, und dass jede Speculation durch Inductionen eingeleitet wird. Trotz dieser Gegenseitigkeit der beiden Methoden des Denkens aber, haben wir doch keinen Grund, mit dem Empirismus das Eingreifen der Speculation in die Induction zu verkennen und jene blos zum Bestimmungsstücke von dieser herabzusetzen; vielmehr ist es nothwendig, auch die speculative Methode in ihren Leistungen gerecht zu beurtheilen. Wir befinden uns nicht auf der Höhe der Pyramide, worauf uns nach BACON die Induction erheben soll; aber welche Höhe wir auch erreichen, immer ist der Rückblick etwas anderes als das Emporschauen, und kann nicht durch die Imagination, welche wir uns davon im Erkennen aufsteigend machen, ersetzt werden.

§. 41. LOCKE's Theorie über die menschliche Erkenntniss und der Sensualismus.

1. Vielleicht hat keine Erkenntnisstheorie eine grössere Verbreitung gefunden, als die, welche LOCKE in seiner Schrift über den menschlichen Verstand [1] dargestellt hat, von der bereits 1788 die 18. Auflage erschien und die ausserdem ins Französische, Lateinische und Deutsche übersetzt wurde. Von ihm geht ein zweiter Versuch zur Reform der Logik aus. Wenn BACON die formale Logik ergänzen wollte, durch die Aufstellung einer Methode, wodurch unsere Erkenntniss vermehrt und erweitert wird, so geht LOCKE's Bestreben vielmehr dahin, die Grenzen unserer Erkenntniss festzustellen. Wir sollen vor Allem und zuerst

[1] *An essay concerning human understanding in four books.* Lond. 1690.

unsere Fähigkeit zu erkennen prüfen, damit wir wissen, was wir erkennen können, und uns nicht in Untersuchungen einlassen, die unser Vermögen übersteigen. BACON wollte fortschreiten, LOCKE aber abmessen und begrenzen. Um aber über den Umfang und die Gewissheit unserer Erkenntniss zu entscheiden, meint LOCKE, müsse man zuerst den Ursprung der Vorstellungen aufsuchen, denn in ihrem Ursprunge habe die Vorstellung ihr Kriterion. Kennten wir erst die Quellen der Erkenntnisse, so könnten wir daraus auch ihre Wahrheit und Gewissheit bestimmen. Durch diese Untersuchung über die menschliche Erkenntniss wird BACON's Organon nach einer Seite ergänzt, indem die darin fehlende psychologische Untersuchung über den wirklichen Vorgang des Erkenntnissprocesses von seinem Ursprunge an dadurch hinzugefügt wird. BACON sieht hiervon ab und betrachtet nur das Ziel des Denkens und durch welche Mittel dasselbe zu erreichen ist, während LOCKE mit Vernachlässigung von diesen methodologischen Forschungen dem Ursprunge der Begriffe nachgeht und ihre allmälige Bildung in dem Erkenntnissprocesse beschreibt. Er giebt eine Naturlehre, während BACON eine Kunstlehre des Denkens aufstellte. Für die Lösung dieser Aufgabe will LOCKE indess nur die empirische oder geschichtliche Methode anwenden. Er will, ohne sich auf metaphysische Erklärung einzulassen, nur die Thatsache der menschlichen Erkenntniss beobachten und beschreiben, und wendet daher wohl die inductive Methode, aber nur nach ihrer ersten Stufe an, indem er nur beobachtet, beschreibt und erzählt, auf welchem Wege wir zu Begriffen gelangen, welche Realität und Gewissheit sie haben. Seine Naturlehre von der menschlichen Erkenntniss ist daher nur eine Naturbeschreibung, wodurch aber doch zugleich über die Grenzen und den Umfang der menschlichen Erkenntniss entschieden werden soll [1]. Indem LOCKE Das, was nur durch eine Erklärung erkannt wird, nämlich den Ursprung unserer Vorstellungen und die letzten Grenzen unserer Erkenntniss, durch Beobachtung feststellen will, setzt er nur seine Meinung hierüber an die Stelle der zu beobachtenden Thatsache der menschlichen Erkenntniss, und glaubt es hiermit zu thun zu haben, während er doch nur von Hypothesen ausgeht. Die Thatsache der Erkenntniss lässt sich beobachten, aber nicht ihr Ursprung, der nur durch eine Erklärung erkannt wird. Nach dem Ursprunge der Vorstellungen soll aber ihre Wahrheit bestimmt werden. Bevor wir aber den Ursprung unserer Vorstellungen erkennen oder darnach forschen, haben wir schon durch sie erkannt und ermessen ihre Wahrheit nach ihrer Uebereinstimmung mit den Gegenständen, welche dadurch erkannt werden. Nicht nur geht die Thatsache der Erkenntniss allen Theorien über ihren Ursprung vorher, indem wir nach der Entstehung von etwas nur forschen können, von dessen Dasein wir schon etwas wissen; sondern auch die Wahrheit der Erkenntniss wird nicht nach ihrem Ursprunge beurtheilt. Darnach wird vielmehr nur der Weg bestimmt, auf dem wir zur Wahrheit gelangen. Dieser kann aber ebenso wenig für eine Erklärung der Wahrheit selbst gelten, als die Beschreibung des Weges nach London eine Beschreibung von London ist. LOCKE aber misst die Thatsache der menschlichen Erkenntniss nach der Theorie über ihren Ur-

[1] l. c. I, 1, §. 1—7, 4, §. 25.

sprung und beurtheilt nach dem Ursprunge die Wahrheit der Vorstellung und verwechselt daher die Beschreibung des Weges mit der Erklärung seines Zieles.

2. Bevor Locke seine eigene Ansicht über den Ursprung der Begriffe darstellt, bestreitet er zuerst die Meinung, „dass in dem Verstande gewisse angeborene Grundsätze angetroffen werden, dass gewisse Charaktere demselben eingeprägt sind, welche die Seele bei ihrem Dasein empfängt und mit sich in die Welt bringt". Diese Meinung hat Locke weitläufig bestritten und zwar in der Fassung, wie er sie selbst wiedergiebt, dass solche Begriffe und Grundsätze als fertige Gedanken angeboren seien. Er macht dagegen geltend, dass diese Begriffe und Grundsätze, wie der Grundsatz der Identität und des Widerspruchs sich factisch nicht nachweisen lassen, „da sie Kindern und gemeinen Leuten nicht bekannt sind", und „sie nicht allgemeine Beistimmung finden". Sage man aber nur, „die Fähigkeit sei angeboren, die Erkenntniss aber erworben", so liege darin ein Widerspruch, da „im Verstande sein und nicht gedacht werden" soviel heisse, als „etwas ist in dem Verstande und ist nicht in dem Verstande". In diesem Sinne könne man alle Erkenntniss angeboren nennen, da die Seele zu allen Erkenntnissen die Fähigkeit haben müsse, seien aber auch zugleich alle Begriffe erworben, weil sie erst vorhanden seien, wenn sie gedacht werden. Die Annahme der angeborenen Ideen lasse sich daher weder durch die Erfahrung beweisen, noch erkläre sie etwas. Bei ihrer Geburt besitze die Seele noch keine Vorstellungen, und das blosse Vermögen zu einer Erkenntniss sei noch kein wirklicher Begriff. Der Verstand sei vielmehr ursprünglich leer, die Seele eine *Tabula rasa*, „ein weisses unbeschriebenes Papier". Am sichersten aber werde die Hypothese von den angeborenen Ideen widerlegt durch den Nachweis, wie die Seele allmälig erst alle Vorstellungen erwirbt [1].

3. Die positive Behauptung, welche Locke's Bestreitung der angeborenen Ideen zu Grunde liegt, ist der Gedanke, dass alle Begriffe erworben seien; denn dem Angeborenen steht entgegen das Erworbene. Wenn aber alle unsere Begriffe erworben sein sollen, so muss Locke zeigen, wie sie entstehen und gebildet werden. Seiner Ansicht aber über den Ursprung der Begriffe liegt ihre Eintheilung in einfache und zusammengesetzte zu Grunde. Die einfachen Vorstellungen, wie die Begriffe des Süssen, Bittern, Harten, Rohen, des Vergnügens und des Schmerzes, der Existenz, der Einheit, der Kraft u. s. w., sind zugleich die Bestandtheile der zusammengesetzten, welche aus ihnen gebildet sind. Die zusammengesetzten Begriffe entstehen daher mittelbar aus den einfachen; diese aber sollen unmittelbar durch die Sinne gegeben werden. Einfache Begriffe aber sollen wir nicht blos durch die äussern Sinne, wodurch wir Vorstellungen von den Körpern und ihren Eigenschaften erlangen, sondern auch durch die Reflexion oder den innern Sinn empfangen, der uns Vorstellungen von den Thätigkeiten und Bestimmungen der Seele, wie von dem Wahrnehmen, Denken, Zweifeln, Glauben, Erkennen, Wollen verschafft, welche nicht von den Aussendingen entspringen können. Es giebt nach Locke deswegen zwei Quellen der Erkenntniss, den äussern und innern Sinn, woraus alle Begriffe, die wir wirklich haben oder

---

[1] l. c. I. 2. §. 1. 5. 15. 24; II. 1. §. 2.

natürlicher Weise haben können, entweder unmittelbar oder mittelbar entspringen. Unmittelbar entspringen aus den Sinnen die einfachen Begriffe durch die Einwirkung der Objecte auf die Sinne, welche der Verstand mehr leidend empfängt; mittelbar aber entspringen daraus die zusammengesetzten Begriffe, welche der Verstand durch Zusammensetzung, Vergleichung und Abstraction bildet. Er kann nach Locke die einfachen Vorstellungen der Sinne, welche die einzigen Materialien aller Begriffe bilden, wohl erneuern und vervielfältigen, mit einander vergleichen und verbinden, von einander sondern und trennen; aber er kann selbstthätig diese einfachen Begriffe weder hervorbringen, noch zernichten, die allein unmittelbar durch die Sinne empfangen werden. Der Verstand soll daher auch keine Erkenntniss hervorbringen können, welche nicht schon in diesen Materialien aller Erkenntniss, den einfachen, sinnlichen, äussern und innern Vorstellungen, enthalten ist. Nur die Sinne, wenn auch durch blosse Empfängniss, produciren Erkenntnisse; der Verstand formt sie nur um [1]. Locke's Erkenntnisstheorie beruht demnach auf dem Satze, dass zum Erkennen nicht blos ein Subject gehört, von dem der Rationalismus annimmt, dass es schon ursprünglich im Besitze von angeborenen Ideen ist, sondern auch ein Object, durch dessen Einwirkung auf die Sinne allererst Erkenntniss entstehe. Von den Objecten wissen wir ursprünglich nur in der Empfindung, und die Erfahrung sei daher das Fundament und die Quelle aller Erkenntnisse. Sie enthält selbstständige positive Erkenntnisse, welche auf keinem andern Wege, als durch die Einwirkung der Objecte auf den innern oder äussern Sinn erworben werden können. Mit diesem Grundgedanken seiner Erkenntnisstheorie verbindet Locke aber die Meinung des Rationalismus, welche von Cartesius zuerst aufgestellt worden ist, dass das unmittelbare Object des Erkennens nicht die Dinge selbst, sondern immer nur ihre Vorstellungen oder Ideen seien. Aus diesem Grunde erklärt er auch die Empfindungen und Anschauungen schon für Vorstellungen, und sieht sie von vornherein als einfache Begriffe an, welche die Bestandtheile aller zusammengesetzten Vorstellungen bilden. Indem Locke aber von diesem Axiom des Rationalismus ausgeht, wonach alle Erkenntniss nur in Vorstellungen oder Ideen bestehe, welche sich niemals direct, sondern immer nur mittelbar auf ihren Gegenstand beziehen, steht seine Ansicht von dem sensualen Ursprunge aller Begriffe mit dem Rationalismus nicht in allen Stücken, sondern nur in einem einzigen Punkte in einem Gegensatze. Wohl bestreitet und verwirft er die Annahme der angeborenen Ideen und stellt sich darin dem Rationalismus, der diese Annahme macht und vertheidigt, entgegen. Allein in dem Axiom, dass alle Erkenntniss nur in Ideen oder Vorstellungen bestehe, welche sich immer nur mittelbar auf ihren Gegenstand beziehen, stimmt sein Sensualismus mit dem Rationalismus ebenso überein, wie in der Meinung, dass Begriffe durch blosse Empfängniss erworben werden können. Nur betrachten beide, Sensualismus und Rationalismus, die Art, wie Begriffe gegeben und empfangen werden, verschieden. Die angeborenen Ideen empfangen wir mit und durch unsere Existenz; nach Locke aber empfangen wir die einfachen Begriffe blos durch die Sinne.

---

[1] l. c. II, 1, §. 2, 3, 4, 25; II, 12, §. 1, 2.

In beiden Fällen aber besitzen wir Begriffe in der That ohne unser Zuthun, nur empfangen wir sie einmal von Aussen, das andere Mal von Innen. Wenn Locke daher in der Bestreitung der angeborenen Ideen alle Begriffe für erworben ansieht, so gilt dies im eigentlichen Sinne doch nur von den zusammengesetzten Begriffen, deren allmälige Bildung auch der Rationalismus nie bestritten hat, nicht aber von den einfachen Begriffen, welche in dieser Beziehung von den angeborenen Ideen sich in Nichts unterscheiden, da sie ebenso leidend aufgenommen werden, wie die angeborenen Ideen. Der streitige Punkt zwischen beiden Ansichten geht daher nur die Frage an, ob die Seele Begriffe von Aussen oder von Innen empfängt, nicht aber die allgemeinere nach dem Verhältniss zwischen der Receptivität und der Spontaneität in der Erkenntniss, wie sie erst von Kant aufgeworfen worden ist, der erst allgemein die Ansicht durchgeführt hat, dass alle Begriffe erworben und nur Empfindungen und Anschauungen empfangen werden, welche Locke schon als einfache Begriffe ansieht.

4. Von den Begriffen, deren mittelbaren oder unmittelbaren Ursprung aus den Sinnen Locke in seinem Werke angiebt, heben wir nur zwei hervor, welche auch für die Naturbetrachtung von Bedeutung sind, theils die Begriffe von den Eigenschaften der Körper, theils den Begriff der Substanz. An den Eigenschaften der Körper hat Locke einen doppelten Unterschied bemerkt, wonach er sie in primäre und secundäre Eigenschaften eintheilt. Zu den secundären gehören Farben, Töne, Kälte, Wärme, die ursprünglichen aber bestehen in der Dichtigkeit, der Ausdehnung, der Gestalt, Bewegung, Grösse und Zahl. Die Vorstellungen von den primären Eigenschaften hält er für objectiv wahre Copien, deren Originale in den Körpern wirklich enthalten sind, wir mögen sie wahrnehmen oder nicht. Die secundären Eigenschaften aber seien blosse Vorstellungen in uns, welche gar keine Aehnlichkeit mit den Körpern haben und nichts enthalten, was ihnen entspricht. Abstrahire man bei den secundären Eigenschaften von ihrem Vorgestelltwerden, so verschwinden sie gänzlich und objectiv bleibe nichts übrig, als Gestalt, Bewegung und Grösse. Sie seien nur Wirkungen der primären Eigenschaften der Körper und zwar ihrer nicht mehr wahrnehmbaren Theile auf unsere Sinne. Objectiv giebt es hiernach weder Wärme noch Kälte, weder Farbe noch Ton, sondern nur Ausdehnung, Gestalt und Bewegung. Diese bringen in uns theils Vorstellungen hervor, welche ihre wahren Kopien sind, theils aber Vorstellungen, welche davon nichts enthalten [1]. Diese Ansicht Locke's von den primären und secundären Eigenschaften der Körper lässt sich jedoch schwerlich mit seiner Annahme von der völligen Passivität der Sinne, und dass die Seele nur eine *tabula rasa* sei, verbinden, weil alsdann nicht abzusehen ist, wie die Sinne oder die Seele etwas vorzustellen vermag, das etwas anderes ist als eine Kopie von dem Gegenstande, den sie vorstellt. Wenn sie aber dennoch andere Vorstellungen besitzt, so können die Sinne nicht blos passive Medien und die Seele nicht blos ein unbeschriebenes Papier sein. Diese beiden Annahmen können nicht mit einander bestehen und wird man die eine oder die andere aufgeben müssen. Dass Locke aber dennoch beide gemacht hat, zeigt

[1] l. c. II, 8, §. 8—26.

nur, dass in seinem Sensualismus ein idealistisches Moment ist, welches seine Consequenz überschreitet. Aehnliches nun ergiebt sich, wenn wir LOCKE's Ansicht über den Ursprung des Begriffes der Substanz betrachten. Er weiss seine Entstehung aus den beiden Quellen der Begriffe, die er annimmt, sich nicht zu erklären, da wir diesen Begriff weder durch die Empfindung, noch durch die Reflexion, den innern Sinn, erlangen. Der Begriff der Substanz überschreitet daher in der That das Gebiet der Vorstellungen, welches aus den Sinnen entspringt, da er von keinem Eindrucke auf die Sinne abstrahirt ist. LOCKE aber sucht durch ein künstliches Mittel sich den Ursprung dieses Begriffes zu erklären. Der Verstand bemerke, meint er, dass eine gewisse Anzahl einfacher Vorstellungen immer mit einander vergesellschaftet ist, wie der Glanz und die Schwere beim Golde. Diese verbinden wir alsdann mit einander in einem Subjecte und bezeichnen sie durch ein Wort, weil wir voraussetzen, dass sie einem Dinge angehören. Denn da wir uns nicht vorstellen können, dass die einfachen Vorstellungen für sich subsistiren, so gewöhnen wir es uns an, ein gewisses Substrat vorauszusetzen, in welchem sie bestehen und woher sie entspringen, welches wir dann eine Substanz nennen. Der Begriff bedeute daher nichts anderes, als das vorausgesetzte, aber unbekannte Subject der Eigenschaften, welche wir in der Erfahrung finden, den völlig unbekannten Träger der Eigenschaften [1]. In der That aber handelt es sich nicht darum, was der Begriff der Substanz bedeutet, sondern wie wir ihn aus den Sinnen erlangen. Ohne Zweifel bedeutet er ein einheitliches Ganze, das kein blosses Aggregat ist, ein Subject, das nicht selbst wieder ein Prädicat ist, einen Träger der Eigenschaften, der nicht selbst eine Eigenschaft ist, ein den Sinnen unbekanntes Etwas, das zu denken wir dennoch genöthigt sind. Alle diese Bestimmungen, die im Begriffe einer Substanz gedacht werden, zeigen schon an sich, dass darin der Kreis von Vorstellungen, welche aus den Sinnen entspringen, überschritten wird. Soll das aber dennoch nicht der Fall sein, so müssen wir mit LOCKE die zufällige Vergesellschaftung der einfachen sinnlichen Vorstellungen in uns, statt ihrer Einheit an sich, setzen und die Nothwendigkeit der Voraussetzung eines Substrates, in welchem die Eigenschaften bestehen und woher sie entspringen, in eine subjective Angewöhnung verwandeln, jedoch ohne dabei zu bedenken, dass ein Aggregat kein einheitliches Ganze, dass eine subjective Angewöhnung keine Nothwendigkeit des Denkens ist, die nicht mit der Zeit in eine andere Gewohnheit sich verwandeln kann. Da aber die Gegenstände unserer Erfahrung nicht eine solche Verbindung von Eigenschaften uns zeigen, wie sie durch die Association der Vorstellungen in uns bewirkt wird, und ausserdem die Nothwendigkeit des Gedankens nicht von unserer Gewohnheit des Denkens abhängt, so wird man entweder einräumen müssen, dass der Begriff der Substanz sich innerhalb des Sensualismus nicht erklären lässt, und ihn in Zweifel ziehen, oder zugestehen, dass unsere Begriffe nicht ins Gesammt von den Eindrücken der Dinge auf die Sinne abstrahirt sind. Die Lehre von dem allein sensualen Ursprunge der Begriffe kann weder eine solche Thätigkeit unserer Sinne zugestehen,

---

[1] l. c. II, 23, §. 1–3.

wodurch ein Abweichen unserer Vorstellungen von ihren Gegenständen bewirkt wird, noch eine Ordnung in der Natur der Dinge voraussetzen, welche etwas anderes ist als das willkürliche Spiel der Vorstellungen der Phantasie. Wenn aber LOCKE dennoch beides annimmt, so zeigt dies uns nur, dass der Sensualismus wohl von ihm ausgeht, aber bei ihm noch keine consequente Ausbildung erreicht hat. Der Sensualismus beherrscht noch nicht seinen Gedankenkreis, den er noch unabhängig davon sich bildet.

5. Indem wir die geschichtliche Fortentwickelung des Sensualismus nach seinen wesentlichsten Punkten hieran übersichtlich anschliessen, unterscheiden wir die Umgestaltung, welche diese Lehre selbst erfahren hat, von den Ansichten, welche sie veranlasst und hervorgerufen hat. Hierzu gehört in England der Idealismus COLLIER's und BERKLEY's, welcher durch LOCKE's Lehre veranlasst wurde, und in Frankreich der Materialismus vorzüglich des Systemes der Natur, der an CONDILLAC's Sensualismus sich anschloss. Auf diese entgegengesetzten metaphysischen Naturansichten von der alleinigen Existenz des Geistes und des Körpers, welche an den Sensualismus sich anschlossen, werden wir bei der Abhandlung der Grundbegriffe der Naturwissenschaften zurückkommen. Nicht blos jedoch zur Bildung von dogmatischen Ansichten über das Wesen der Dinge, sondern auch zur Entwickelung des Skepticismus führte LOCKE's Theorie über den Ursprung der Begriffe aus den Sinnen, indem HUME consequenter als LOCKE alles Denken auf eine blosse Reproduction und Association von sinnlichen Vorstellungen zurückführte, wovon wir später noch weiter handeln werden. Ausserdem aber hat auch LOCKE's Lehre selbst eine weitere Ausbildung theils durch CONDILLAC, theils durch HERBART gefunden. CONDILLAC[1] hat den Sensualismus vornehmlich nach zwei Seiten consequenter auszubilden versucht. Auch er ist wie LOCKE überzeugt, dass wir nichts ohne Sinne erkennen können und dass die richtige Methode in dem Zurückgehen auf den Ursprung unserer Erkenntniss aus den Empfindungen der Sinne bestehe. Mit LOCKE will er aber nicht zwei Quellen der Ideen, die Sinne und die Reflexion, sondern nur eine, die äusseren Sinne, annehmen, weil die Reflexion entweder nichts anderes ist als die Empfindung selbst, oder nur ein Kanal, durch welchen die Ideen von den Sinnen sich ableiten. Wie in der Annahme nur einer Quelle der Erkenntniss, so unterscheidet sich CONDILLAC's Lehre auch in der Ansicht über die verschiedenen Thätigkeiten der Seele. Schon LOCKE verwarf die Annahme abstracter Seelenvermögen, betrachtete aber dennoch die Thätigkeiten der Seele, wie das Wahrnehmen, Denken, Wollen, als ursprüngliche, angeborene Eigenschaften der Seele, worin CONDILLAC von ihm glaubt abweichen zu müssen, indem er vielmehr der Meinung ist, dass alle verschiedenen Thätigkeiten der Seele nur Transformationen der Empfindungen sind, welche selbst nach einander Aufmerksamkeit, Erinnerung, Vergleichung, Urtheil, Schluss werde, sodass die sinnliche Empfindung nicht allein das einzige Princip von allem Inhalte der Erkenntniss, sondern auch das Princip ist, woraus alle Operationen der Seele selbst erst hervorgehen. In dieser consequenten Ausbildung des Sensualismus ist CONDILLAC von Niemand

[1] *Traité des sensations.* London 1754. 2. T.

übertroffen worden. Die spätern und neuesten Versuche auf diesem Gebiete stehen an Sorgfalt und Ausführlichkeit der Bearbeitung weit hinter seiner Ausführung zurück. Nur in einem Punkte hat der Sensualismus später noch eine Umgestaltung, und zwar durch HERBART erfahren [1]. Wie CONDILLAC verwirft auch er die Annahme verschiedener Seelenvermögen und lässt alle Thätigkeiten des Erkennens, Fühlens und Wollens erst aus der Empfindung entstehen, welche er als eine Selbsterhaltung der Seele gegen eine Störung ansieht. Ebenso die Annahme des innern Sinnes als eine Erdichtung der Psychologen verwirft HERBART und erklärt das Selbstbewusstsein aus dem Bewusstsein vieler Objecte, die innere Wahrnehmung aus der äussern. Was CONDILLAC aber nur beschreibt, sucht HERBART mit der Hülfe der Metaphysik und Mathematik zu erweisen, dass Inhalt und Form der Erkenntniss aus der Empfindung stamme. Auch er betrachtet die Empfindung als einfache Vorstellungen und das Denken blos als eine Reproduction und Association, als ein Gruppiren und Aneinanderreihen, als eine Sammlung und Anhäufung von sinnlichen Vorstellungen. Aber in einem Punkte modificirt HERBART doch diesen Sensualismus. Dieser hatte bis dahin von der psychologischen Ansicht über den Ursprung der Vorstellungen auch die metaphysische und ethische Weltansicht der Wissenschaften abhängig gemacht, indem er als Kriterion des Wahren, Schönen und Guten allein den Ursprung der Vorstellungen annahm. In dieser Annahme widerspricht ihm HERBART, da er die Gültigkeit von dem Inhalte unserer Vorstellungen nicht nach ihrem Ursprung aus den Sinnen beurtheilt wissen will, vielmehr sich dieser Sensificirung des Wahren, Schönen und Guten widersetzt. Die Gültigkeit des Inhaltes unserer Vorstellungen wird unabhängig von ihrem Ursprunge gesetzt und anerkannt. Indem HERBART dies Kriterion der Vorstellungen, wonach der Sensualismus über ihre Wahrheit entscheidet, verwirft, schneidet er gleichsam die nachtheiligen Folgen von demselben ab, sodass er nicht mehr die metaphysische und ethische Weltansicht der Wissenschaften inficirt. Er betrachtet den Sensualismus daher nur als eine psychologische Ansicht, welche auch nur innerhalb des Gebietes der Psychologie Berechtigung habe. Der Sensualismus ist nur eine theoretische Ansicht über die allmälige Entstehung unserer Vorstellungen aus den Sinnen nach nothwendigen Naturgesetzen, wonach sich aber nicht unsere Beurtheilung der Wahrheit, des Schönen und Guten richte. Ob aber auch beides mit einander zusammen bestehen kann, der Sensualismus der Psychologie und die Anerkennung der höhern Forderungen der Wissenschaften, scheint uns zweifelhaft, da wir nicht begreifen, wie einerseits die Lehre von dem allein sensualen Ursprunge der Begriffe möglich ist, wenn es in der Seele Gedanken giebt, welche schlechthin davon unabhängig sind und dies Gebiet gänzlich überschreiten, und wie andererseits solche Gedanken möglich sind, wenn alle Begriffe nach Form und Inhalt Umwandlungen von Empfindungen sind. HERBART aber meint oft das Unmögliche mit einander verbinden zu können, dadurch, dass

---

[1] Lehrbuch zur Psychologie. Königsberg und Leipzig 1816. — Psychologie als Wissenschaft, neu gegründet auf Erfahrung, Metaphysik und Mathematik. Königsberg 1824—25.

er es an verschiedenen Orten neben einander stellt, den Sensualismus in die Psychologie verweist und die Anerkennung der höhern Forderungen der Wissenschaften in die Metaphysik und Ethik. Dass nun aber Empfindungen oder Anschauungen einfache Begriffe seien, können wir nicht einräumen, theils weil in der Anschauung von einer Sache noch kein Begriff von derselben enthalten ist, theils aber, weil die Annahme der Einfachheit der sinnlichen Vorstellungen mit der Bildung der Wissenschaften und namentlich der Naturwissenschaften nicht übereinstimmt. Der Sensualismus unterscheidet nicht zwischen der anschaulichen und der begrifflichen Vorstellung von einer Sache oder allgemeiner zwischen Anschauungen und Gedanken, setzt vielmehr von vornherein voraus, dass Anschauungen und Empfindungen schon Vorstellungen und Begriffe seien, und glaubt deshalb den Ursprung der Begriffe gefunden zu haben, indem er die ihnen correspondirenden Anschauungen nachweist. In der Empfindung der Wärme, der Wahrnehmung des Schalles, der Anschauung eines Thieres, liegt aber noch gar kein Begriff. Die Anschauungen werden uns wohl durch die Sinne gegeben, nicht aber die Begriffe, welche ohne die Vermittelungen des Denkens gar nicht möglich sind.

6. Obgleich der Sensualismus sehr verschiedene Modificationen zeigt und bald mehr, bald weniger consequent ausgebildet worden ist, so ist er doch in zwei Annahmen immer sich gleich geblieben, nämlich in der Annahme der Einfachheit der sinnlichen Vorstellungen und der Ansicht, dass aus ihrer Zusammensetzung alle übrigen Begriffe entstehen. Hierin liegen die beiden Bestimmungen, welche erst das Wesen des Sensualismus constituiren. Wenn alle Begriffe aus den Sinnen stammen sollen, so wird man voraussetzen müssen, dass die Vorstellungen, welche unmittelbar durch die Einwirkung der Gegenstände auf die Sinne gegeben werden, einfach sind, und dass alle übrigen Begriffe, welche mittelbar aus den Sinnen abstammen, aus diesen irgendwie zusammengesetzt und gebildet sind. Dabei liegt die allgemeine Annahme zu Grunde, dass das erkennende Subject erst Vorstellungen empfängt durch die Einwirkung des Objectes auf die Sinne, und dass, weil diese Vorstellungen einfach sind und alle Materialien der Erkenntniss enthalten, die Macht des scheidenden und verbindenden Gedankens beschränkt ist auf eine Reproduction und Association, auf eine Sammlung und Anhäufung der einfachen Bestandtheile. Weder durch Sonderungen, noch durch Verbindungen des Gedankens kann im Erkennen etwas hinzukommen, was nicht schon in den einfachen Materialien gegeben wäre. Die Scheidung kann nicht weiter gehen, als bis auf die als einfach angenommenen sinnlichen Vorstellungen, und die Verbindung kann nichts erzeugen, als Aggregate, Gruppirungen und Aneinanderreihungen der einfachen sinnlichen Vorstellungen, weil diese keine andern Verbindungen eingehen können. Hierin liegt aber auch schon die Voraussetzung der wesentlichen Gleichheit aller Vorstellungen, der Gedanken und der Empfindungen, da sie sich nur wie einfache und zusammengesetzte Vorstellungen oder Begriffe zu einander verhalten. Deshalb werden Gedanken und Begriffe im engern Sinne nicht blos als reproducirte und associrte Empfindungen und Anschauungen, sondern auch diese schon als Vorstellungen und Begriffe angesehen, sodass schlechthin alle Erkenntnisse nur aus Vor-

stellungen bestehen in blos gradueller und quantitativer Verschiedenheit von einander.

7. Wenn man nun mit dem Sensualismus von der Annahme der wesentlichen Gleichheit aller Vorstellungen, der Anschauungen und der Begriffe, der Gedanken und Empfindungen ausgeht, so ist auch das Problem von der Entstehung der Begriffe schon im Voraus dadurch gelöst und anticipirt, weil alsdann die Erklärung von der Entstehung der Begriffe nur in dem Nachweis besteht, dass wir durch die Sinne Vorstellungen von dem Rothen, Harten, Weichen, Kalten u. s. w. erwerben, da Empfindungen und Anschauungen schon an sich Vorstellungen und Begriffe sein sollen. Der Ursprung der Begriffe ist daher erstaunlich leicht nachgewiesen, wenn dies nur in dem Nachweis bestehen soll, dass wir durch die Sinne Vorstellungen mancherlei Art erwerben. Die Begriffserklärungen, welche der Sensualismus giebt, bestehen daher nur in der Vorführung ihrer sinnlichen Bilder, wodurch in der That alle Begriffsbildung in den Wissenschaften anticipirt wird, welche ihr Werk mit den Vorbereitungen zu demselben in der Sammlung von Anschauungen und sinnlichen Vorstellungen auch schon vollendet haben würden. Wenn Condillac daher zu der Ueberzeugung sich getrieben sieht, dass auch alle Begriffsbildung überflüssig ist, weil unsere Empfindungen unsere Begriffe sind, *nous sentons notre pensée*, — *c'en est assez*, so können wir nicht bezweifeln, dass darin eine richtige Folgerung aus dem Grundsatze der wesentlichen Gleichheit aller Vorstellungen enthalten ist, allein diesen Grundsatz selbst können wir doch nicht annehmen, weil er weder mit der Thatsache der menschlichen Erkenntniss übereinstimmt, noch eine Erklärung davon enthält; denn in der Wirklichkeit ist diese Gleichheit nicht vorhanden, da wir mit der Anschauung von einer Sache auch nicht zugleich einen Begriff von derselben erwerben, in der Empfindung der Wärme, der Wahrnehmung des Schalles, der Anschauung eines Körpers noch gar kein Begriff von diesen Objecten liegt. Anschauungen werden uns wohl durch die Sinne gegeben, nicht aber auch Begriffe, welche ohne die Vermittelungen des Denkens nicht möglich sind. Da der Sensualismus aber zwischen der anschaulichen und begrifflichen Vorstellung von einer Sache nicht, wie diese Thatsachen es erfordern, unterscheidet, glaubt er mit dem einen auch schon das andere zu besitzen, und sieht er in der Erwerbung von Vorstellungen durch die Sinne schon die Entstehung der Begriffe. Die unmittelbar durch die Sinne empfangenen Begriffe sollen aber auch einfach sein. Wenn es gewiss ist, dass alle Erkenntniss in der Auffindung des Einfachen besteht, woraus das Zusammengesetzte erklärt wird, so scheint der Sensualismus auch dies Problem auf dem kürzesten und leichtesten Wege gelöst zu haben. Denn wenn die unmittelbar durch die Sinne erworbenen Begriffe oder Vorstellungen einfach sind, so brauchen die Wissenschaften das Einfache auch nicht erst durch Scheidungen und Zerlegungen aufzufinden, sondern ist es ihnen schon im Voraus in den sinnlichen Vorstellungen gegeben, ohne die keine Erkenntniss und Wissenschaft möglich ist. Wir bezweifeln aber, dass irgend eine Wissenschaft das Einfache, woraus das Zusammengesetzte zu erklären ist, in diesen unmittelbar durch die Sinne empfangenen Vorstellungen, den Empfindungen und Anschauungen besitzt, da

die Wissenschaften mit Recht darin nicht das zu besitzen glauben, woraus Alles zu erklären ist, sondern vielmehr das, was durch sie erst erklärt werden soll. Die Annahme von der Einfachheit der sinnlichen Vorstellungen enthält daher eine Verwechselung des Principes mit dem Principiate der Wissenschaften. Was wir unmittelbar durch die Sinne empfangen, wollen die Wissenschaften erst erkennen und erklären, es kann daher nicht das Einfache sein, woraus Alles zu erklären ist. In der That sind auch die Anschauungen nicht einfach, sondern, wie LEIBNITZ sagte, verworren und, wie KANT sie nannte, blind, da wir durch sie nicht auf den Grund und das Wesen der Sache, welche uns dadurch bekannt wird, sehen, und sie eine Mannigfaltigkeit von Unterscheidungen mit einander gemischt enthalten, welche erst durch den scheidenden und sondernden Gedanken erkannt werden. So betrachten auch die Naturwissenschaften diese Vorstellungen nicht als einfach, sondern als zusammengesetzt, da sie Farben und Töne als zusammengesetzte Producte aus Bewegungen erklären, denn was den Sinnen einfach erscheint, weil sie nicht scheiden, was sie empfangen, ist deshalb nicht einfach, sondern wird wie der Blitz von dem Gedanken noch als ein zusammengesetztes Product negativer und positiver Elektricität erkannt. Die Annahme von der Einfachheit der sinnlichen Vorstellungen, wovon der Sensualismus ausgeht, stimmt daher ebenso wenig mit den Thatsachen der Erkenntniss überein als der allgemeinen Grundsätze von der Gleichheit der Anschauungen und der Begriffe, der Empfindungen und der Gedanken. Aus diesen einfachen, unmittelbar durch die Sinne erworbenen Begriffen sollen aber alle übrigen daraus zusammengesetzten Begriffe mittelbar entstehen, wobei mithin auch das Denken irgendwie thätig sein muss. Diese vermittelnde Thätigkeit des Denkens einerseits und die Erweiterung der Erkenntniss durch die zusammengesetzten Begriffe andererseits bilden die beiden Punkte, worauf man hierbei zu achten hat. Eine Vermehrung der Erkenntniss durch die zusammengesetzten Begriffe findet wohl in dem Grade statt, als wir durch die Zusammensetzung der einfachen sinnlichen Vorstellungen innerhalb ihres Gebietes in unermessliche Weiten des Raumes und der Zeit uns ergehen können, nicht aber, sofern wir meinen sollten, noch etwas anderes dadurch zu erkennen, weil in dem Zusammengesetzten wohl mehr, aber nichts anderes enthalten sein kann als in dem Einfachen. Da dies aber in den sinnlichen Vorstellungen liegt, so können auch in der That die zusammengesetzten Begriffe das Gebiet des Sinnlichen nicht überschreiten. Deshalb sagte auch schon LOCKE, dass alle Materialien der Erkenntniss in den einfachen sinnlichen Vorstellungen gegeben seien, welche durch die zusammengesetzten Begriffe nicht verändert werden können. Dass wir aber thatsächlich Begriffe von Gesetzen besitzen, welche doch dies Gebiet überschreiten, wie es schon jedes Naturgesetz thut, weil darin ein unsichtbarer Zusammenhang des Sichtbaren gedacht wird, dies weiss der Sensualismus nur dadurch mit seinen Meinungen in Uebereinstimmung zu bringen, dass er sie soviel wie möglich auf das reducirt, was nach seinen Lehren allein möglich sein soll. Statt die Thatsache des Erkennens anzuerkennen, und danach seine Erkenntnisstheorie zu modificiren, hält er diese fest und modificirt dadurch die Thatsache, wie es schon LOCKE mit dem Begriffe der Substanz oder dem Gesetze der

Substantialität gemacht hat. Solche vergebliche Versuche aber, mit Gewalt, was man aus seinen Principien nicht ableiten kann, in ihre Consequenzen umzudeuten, zeigen zu offenbar die Wahrheit ihres Gegentheils, als dass es nöthig wäre, nochmals dies nachzuweisen. Nicht durch die beobachtete Thatsache der menschlichen Erkenntniss, sondern allein durch die unerwiesene Annahme der Einfachheit der unmittelbaren sinnlichen Begriffe wird der Sensualismus zu der Behauptung genöthigt, dass auch durch die zusammengesetzten Begriffe nichts anderes als durch jene erkannt werde. Diese Folgerung hebt sich aber von selbst auf, wenn ihr Grund, die Einfachheit der sinnlichen Begriffe unhaltbar ist. Noch mehr aber erhellt dies, wenn wir die vermittelnde Thätigkeit des Denkens betrachten, welche bei der Bildung der zusammengesetzten Begriffe wirksam sein soll. Diese werden als Producte aus den Associationen und Reproductionen der sinnlichen Vorstellungen angesehen, sodass sie nur Gruppirungen und Aneinanderreihungen, Sammlungen und Anhäufungen ihrer einfachen Bestandtheile sind. Wenn das Denken aber in der Bildung der zusammengesetzten Begriffe keine andern Vermittelungen ausübt, als dass dadurch die einfachen Vorstellungen roth, gelb, hart, weich, hell, kalt, warm u. s. w. an einander gereiht und mit einander gruppirt werden, sich vergesellschaften, sammeln und anhäufen, so erkennen wir daraus wohl, dass der Sensualismus das Denken der Phantasie und des Gedächtnisses, der nachgeahmten Erkenntniss der Sinne, mit dem Denken des Verstandes und der Vernunft ohne Unterschied zusammenfallen lässt und wie die bunte Mannigfaltigkeit der sinnlichen Vorstellungen, durch ein solches Kaleidoskop betrachtet, uns viel Unterhaltung und Ergötzen gewähren kann, nicht aber, wie dadurch Erkenntniss und Wissenschaft möglich werden soll, wobei offenbar noch andere Vermittelungen des Denkens wirksam sind als die beschriebenen. Diese lassen allerdings den Inhalt der Anschauungen und Wahrnehmungen unverändert, weil ihre Scheidungen nicht weiter in die Tiefe herabsteigen, als bis zu den sinnlichen Vorstellungen, welche einfach sein sollen, und weil ihre Verbindungen sich nicht höher erheben, als die Imaginationen es thun, welche die angeschauete Wirklichkeit in den mannigfachsten Gruppirungen nachahmen. Wie wir aber keinen Grund haben, Empfindungen und Gedanken, Begriffe und Anschauungen deshalb als wesentlich gleich zu betrachten, weil beides auch Vorstellungen genannt wird, so sind wir auch nicht berechtigt, ohne Unterschied die Thätigkeiten des Gedächtnisses und der Phantasie mit der Vermittelung des Verstandes und der Vernunft zusammenfallen zu lassen, weil mit dem Worte Denken beides bezeichnet wird. Die unbestimmte Allgemeinheit, in welcher theils seit DESCARTES, theils seit WOLF die Ausdrücke Denken und Vorstellen, dessen ursprüngliche Bedeutung überdies nicht einmal eine psychische ist, gebraucht worden, da man entweder alle Arten geistiger Thätigkeit des Wollens, wie des Erkennens ein Denken oder Vorstellen nennt und alsdann den Geist als die denkende oder die vorstellende Substanz definirt, oder doch alle auf ein Erkennen abzielenden Thätigkeiten mit diesem Namen belegt, berechtigt doch nicht dazu, auch die wesentlichen Unterschiede des Wollens und des Erkennens, des Empfindens und des Denkens, der Vorstellungen des Gedächtnisses und der Phantasie und der Begriffe des Verstandes und der Vernunft zu über-

sehen, worin der Sensualismus den Rationalismus, von dem dieser Sprachgebrauch ausgeht, noch dazu übertrifft. Allein nicht aus diesem schwankenden und vieldeutigen Sprachgebrauch, sondern aus der Ueberschätzung des Antheils der Sinne, des Gedächtnisses und der Phantasie im Erkennen entspringen die Einseitigkeiten des Sensualismus, welche wir bezeichnet haben. Wenn es gleich wahr ist, was der Sensualismus vor Allem hervorhebt, dass ohne gegebene Objecte uns keine Erkenntniss möglich ist, und dass der Inhalt aller Begriffe ursprünglich in den Empfindungen und Anschauungen, die wir gewinnen, niedergelegt ist, so ist es aber auch nicht weniger gewiss, dass die Erfahrung noch keine Wissenschaft giebt und die Anschauungen der Objecte nicht auch von selbst, ohne das Zuthun des Subjects, in Begriffe sich verwandeln, was der Sensualismus nicht vollständig anerkennt, weil er statt der Verschiedenheit von Anschauungen und Begriffen ihre wesentliche Gleichheit voraussetzt, die Anschauungen aber nicht für verworren und blind, sondern für einfach hält, und in den Associationen der Ideen zu besitzen meint, was nur durch die logische Ordnung und Gesetzmässigkeit der Gedanken erreicht wird.

§. 42. Hume's Bestreitung einer objectiven Naturerkenntniss und der Skepticismus.

1. In jeder wissenschaftlichen Erkenntniss bildet der Zweifel den Anfangspunkt der Untersuchung, der mit ihrer Lösung zugleich gehoben wird. Im Skepticismus aber ist der Zweifel nicht der Anfang, sondern das Endergebniss der Forschung. Mit der Wissenschaftsbildung befindet sich daher der Skepticismus in einem Gegensatze, sofern in jener Ausgangspunkt, was in diesem Ergebniss der Untersuchung ist. Der Skepticismus nimmt seinen Standpunkt daher auch nicht innerhalb, sondern ausserhalb der Wissenschaft, in dem Glauben und den Meinungen des praktischen Lebens, die er unberührt stehen lässt, als das sichere Fundament, von dem aus er Erkenntniss und Wissenschaft bestreitet und bezweifelt. Was der Wissenschaft unsicher erscheint, gilt dem Skeptiker als fest, und was sie für gewiss ansieht, hält er für schwankend. Wohl strebt auch er nach der gewissen und zuverlässigen Erkenntniss, da er sie aber nicht finden kann, kehrt er wieder zu den Meinungen des praktischen Lebens zurück, die, dem Leben dienend, eine andere Bedeutung haben als die blos theoretische Erkenntniss. Diese beurtheilt der Skepticismus nach allen Forderungen, welche an sie gestellt werden können, gegen jene Meinungen aber ist er nachsichtig, weil sie nicht aus dem Streben nach dem Wissen, sondern der Noth des Lebens entspringen. Mit Herbart können wir nun einen höhern und niedern Skepticismus unterscheiden, je nachdem er seine vernichtenden Wendungen mehr gegen die sinnliche oder die intellectuelle Erkenntniss richtet. Der niedere bezweifelt die Gewissheit und Zuverlässigkeit der sinnlichen Erkenntniss, der höhere bestreitet dasselbe an der intellectuellen Erkenntniss. Dieser tritt auf im Gefolge des Sensualismus, indess der niedere mehr mit dem Rationalismus sich verbindet. Die sinnliche Erkenntniss bildet dort, die intellectuelle hier die Grundlage des Skepticismus, der das Nicht-Wissen darlegt, was in beiden enthalten ist. Er gelangt

daher zu einem Bewusstsein von dem Mangel, der im Sensualismus oder im Rationalismus enthalten ist, worin zugleich der Fortschritt besteht, der doch durch ihn erreicht wird, da mehr weiss, wer weiss, dass er nicht weiss, als wer meint, dass er weiss und doch nicht weiss. Hume hat nun den höhern Skepticismus entwickelt, indem er zum Bewusstsein von dem Mangel des Sensualismus gelangte, den Locke gründete. Von diesem als einer zugestandenen Gewissheit geht er aus, und zeigt die Ungewissheit und Unzuverlässigkeit der intellectuellen Erkenntniss. Er selbst prüft nicht die Grundsätze des Sensualismus, sondern setzt ihre Gültigkeit voraus und zeigt nur, dass sie nicht zureichen, uns eine intellectuelle Erkenntniss zu gewähren.

2. Da Hume's skeptische Argumente auf der Grundlage des Sensualismus basirt sind, verzeichnen wir zuerst diese Grundlage, wie er sie gegeben hat [1]. Alle Vorstellungen theilt er in zwei Klassen ein, welche sich jedoch nur durch den Grad ihrer Stärke und Lebhaftigkeit von einander unterscheiden sollen. Die weniger starken und weniger lebhaften nennt er Ideen oder Gedanken; die lebhaften Vorstellungen aber, welche wir haben, wenn wir hören, sehen, fühlen, oder wenn wir lieben, hassen, begehren, wollen, heissen nach ihm Eindrücke oder Empfindungen. Von diesen enthalten die Ideen oder Gedanken nur Kopien, weshalb sie weniger stark und lebhaft sind als ihre Originale, die Empfindungen, denn wie allgemein und zusammengesetzt auch unsere Begriffe seien, so finden wir doch immer, dass sie sich in solche einfache Begriffe auflösen lassen, welche von den Gefühlen und Empfindungen abkopiret sind. Nach dieser Annahme über das Verhältniss der Gedanken zu den Empfindungen bestimmt Hume auch das Kriterion von der Wahrheit und der Realität unserer Begriffe. Da die Empfindungen die Originale, die Begriffe aber Kopien davon sind, so liegt die Wahrheit und Realität der Begriffe in den Empfindungen, wovon sie abgezogen sind, weshalb Hume verlangt, dass von jedem Begriffe, wenn er Realität haben soll, der Eindruck nachgewiesen werde, von dem er abgezogen ist, und erklärt, dass wenn ein solcher Eindruck sich nicht nachweisen lasse, der Begriff auch keine Wahrheit habe [2]. Offenbar ist dies Kriterion der Wahrheit und Gültigkeit unserer Begriffe nur eine Folgerung der Annahme der blos graduellen Verschiedenheit aller Vorstellungen und der Meinung, dass Begriffe Kopien der Empfindungen seien. Wenn man auch die Vorstellungen der Phantasie als Nachahmungen der Wirklichkeit ansehen kann, welche durch Anschauungen vorher unmittelbar erkannt worden ist, so kann man doch nicht auch die Begriffe als Kopien ansehen, da es überall keine Modelle giebt, wonach der Verstand seine Begriffe bildet, wie die Phantasie danach dichtet. Denn solche Originale oder Modelle können die Anschauungen für die Begriffe nicht sein, weil sie eine Mannigfaltigkeit von Anschauungen in einer Einheit zusammenfassen, welche selbst nicht vorher auch angeschauet ist. Für die Begriffe giebt es deshalb keine Originale wie für die Bilder der Phantasie, sondern sie verhalten sich ebenso direct zu dem, was durch sie zum Bewusstsein kommt, wie die Anschauungen. Ohne An-

---

[1] *An Enquiry concerning human understanding.* Lond. 1748.
[2] l. c. II.

schauungen besitzen wir allerdings weder Begriffe noch Imaginationen, allein während diese nur Reproductionen enthalten, sind jene Productionen wie die Anschauungen selbst. Die Forderung der Uebereinstimmung der Begriffe mit dem Wirklichen besteht aber auch nicht in der getreuen Kopie derselben, sondern allein darin, dass in den Begriffen gedacht wird, was an den Anschauungen unterschieden und verbunden werden kann, denn ihre Gültigkeit hängt von der Gesetzmässigkeit des Denkens, nicht aber von der Treue des Gedächtnisses ab. Hume's Kriterion von der Wahrheit und Realität der Begriffe passt daher wohl auf die Nachahmungen der Phantasie, gilt aber von den Begriffen selbst nur, wenn schon im Voraus die Gültigkeit der Grundsätze des Sensualismus angenommen ist. Daraus ist dies Kriterion eine richtige Folgerung, deren Gültigkeit aber nach der Wahrheit ihrer Gründe, woraus sie gezogen ist, beurtheilt werden muss. Ausser Hume's Ansicht über die Verschiedenheit der Vorstellungen und das Verhältniss der Gedanken zu den Empfindungen müssen wir hier aber auch noch seine Meinung über die Art der Verbindungen unserer Gedanken betrachten [1]. Alle Verbindungen der Gedanken sollen nach ihm nur in der Association der Ideen nach ihrer Aehnlichkeit, ihrer Verbindung im Raume und der Zeit und dem Zusammenhang von Ursache und Wirkung bestehen. Ein Gemälde leite danach unsere Gedanken auf das Original, die Erwähnung eines Zimmers in einem Hause auf die übrigen, und die Vorstellung einer Wunde auf die Schmerzen. Diese Gesetze der Vergesellschaftung der Vorstellungen gelten ihm ferner zugleich als das Maass, wonach alle Verbindungen der Gedanken beurtheilt werden. Wie dem Gehalte, so reducirt auch Hume der Form nach alles vernünftige Denken auf die Thätigkeit der Einbildungskraft, einmal erworbene Empfindungen zu reproduciren und nachzuahmen, und auf die Thätigkeit des Gedächtnisses, bei der Wahrnehmung einer Sache sich einer andern zu erinnern. Die geschäftige Einbildungskraft vertritt dabei zugleich den ordnenden Verstand und das treue Gedächtniss die begründende Vernunft, denn alle Erkenntniss ist im Sensualismus entweder eine directe oder eine nachgeahmte Erkenntniss der Sinne. Diese empfangen die Originale, Phantasie und Gedächtniss aber die Kopien, welche sie nach den Gesetzen der Association der Ideen gruppiren und aneinanderreihen, wobei man, um Hume's skeptische Argumentationen, welche sich hierauf gründen, zu verstehen, davon absehen muss, dass in der That Phantasie und Verstand, Gedächtniss und Vernunft sich nicht so decken, wie sie hier von einander verdeckt werden.

3. Obgleich nach Hume die Wahrheit und Realität der Begriffe gemessen werden soll nach dem Eindruck oder den Empfindungen, wovon sie Kopien sind, beurtheilt er nach diesem Grundsatze doch nicht jede intellectuelle Erkenntniss, sondern nur die der Thatsachen der Natur und der Geschichte, indem er die Gewissheit und Evidenz der Lehrsätze der Geometrie und Arithmetik, ohne sie nach jenem Grundsatze zu prüfen, einräumt, weil, wie er sagt, sie sich auf blosse Ideen beziehen, welche unabhängig von irgend einem existirenden Dinge der Welt durch die blosse Wirksamkeit des Denkvermögens gefunden werden [2].

[1] l. c. III.
[2] l. c. IV. 1.

Die Wahrheit der mathematischen Lehren hat Hume also noch nicht nach dem Grundsatze des Sensualismus beurtheilt, wie es später geschehen ist. Hume kennt demnach doch Gedanken, deren Evidenz und Gewissheit nicht abhängig ist von dem Eindruck, wovon sie abstrahirt sind, oder er kennt Gedanken, die vielleicht überall nicht Kopien der Empfindungen sind. Wenn dies aber der Fall ist, so würde der Grundsatz des Sensualismus nicht allgemein gültig sein, oder wenn er es doch sein soll, so ist es inconsequent, nicht auch die mathematischen Lehren danach zu beurtheilen, denn der Grund ihrer allgemeinen Gewissheit und Evidenz, dass sie sich auf blosse Ideen beziehen, unabhängig von irgend einem existirenden Dinge der Welt, beweiset nur etwas, wenn sie nicht von Empfindungen abkopirt sind, was aber andererseits den Annahmen des Sensualismus widerspricht. Hieran zeigt es sich aber, dass selbst Hume kein consequenter Sensualist und Skeptiker ist. Sein Sensualismus und Skepticismus erstreckt sich nicht auf die intellectuelle Erkenntniss der Mathematik, sondern nur auf die Erkenntniss der Thatsachen, d. i. des Realen im Raume und der Zeit, denn diese Erkenntniss sei nicht in demselben Grade gewiss und evident, wie die mathematische, weil das Gegentheil von jeder Thatsache ohne Widerspruch möglich sei. Die Gewissheit der Thatsachen beurtheilt Hume also nach dem Principe des Denkens, wie er umgekehrt die Wahrheit der Begriffe nach dem sinnlichen Eindruck feststellen will. Weil das Gegentheil einer jeden Thatsache denkbar ist, nennt er sie ungewiss, obgleich sie deshalb nicht ungewiss, sondern nur zufällig ist, wie sie nothwendig sein würde, wenn ihr Gegentheil unmöglich wäre. Indem Hume aber die unmittelbare Gewissheit, welche jeder Thatsache an sich zukommt, aufhebt, meint er, dass der Grund von der Gewissheit einer Thatsache nur in einer andern liege, welche mit jener in einem nothwendigen Zusammenhang von Ursache und Wirkung stehe, denn alles Raisonnement über Thatsachen gründe sich auf die Beziehung von Ursache und Wirkung, worunter aber auch die Verbindung von Grund und Folge mitbegriffen wird. Nur allein durch die Hülfe dieser Relation könnten wir über die Grenzen der Gewissheit der Sinne und des Gedächtnisses hinausgehen. Von der Möglichkeit der Erkenntniss des causalen Zusammenhanges der Thatsachen hänge daher ihre Gewissheit ab, weshalb Hume's skeptische Betrachtungen sich hierauf richten, indem er sich die Frage vorlegt, worauf eine solche Erkenntniss sich gründe. Die Erkenntniss von diesem Zusammenhange erlangen wir nun zuerst nicht durch Schlüsse *a priori*. Denn Adam konnte durch sein Vernunftvermögen, wenn wir auch annehmen wollten, es sei gleich anfänglich vollkommen ausgebildet gewesen, weder aus der Flüssigkeit und Durchsichtigkeit des Wassers erkennen, dass es ihn ersticken, noch aus dem Lichte und der Hitze des Feuers, dass es ihn verzehren könnte. Aus den sinnlichen Eigenschaften der Dinge können wir weder ihre Ursachen, noch ihre Wirkungen *a priori* erschliessen. Dies sei vielmehr nur *a posteriori* aus der Erfahrung möglich. Von der apriorischen Erkenntniss durch blosse Schlüsse sieht sich Hume daher, um die Möglichkeit einer Erkenntniss der Ursachen und Wirkungen zu ergründen, an die Erfahrung gewiesen, worin er aber gleichfalls ihren Ursprung nicht entdeckt. Denn die Erfahrung oder die Association der Vorstellungen zeige uns doch immer nur, dass zwei Ereignisse sich begleiten

oder auf einander folgen, nicht aber das Band, welches beide nothwendig mit einander verknüpft und das in dem Begriffe von Ursache und Wirkung gedacht wird, da darin nicht blos gedacht wird, dass zwei Erscheinungen auf einander folgen oder sich einander begleiten, sondern auch, dass die eine von der andern hervorgebracht und von ihr abhängig ist. Auch in der Erfahrung also liegt nicht der Ursprung dieser Erkenntniss. Begleitung und Aufeinanderfolge der Erscheinungen, aber keine Nothwendigkeit und Abhängigkeit zeigt sie. Weder aus der äussern, noch aus der innern Erfahrung lasse sich ein Eindruck nachweisen, wovon der Begriff der nothwendigen Verbindung abstrahirt und abkopirt wäre, dessen Realität daher zweifelhaft ist [1]. Da nun aber Hume nach diesem Kriterion über die Gültigkeit und Realität der Begriffe entscheidet, und alle Gewissheit der Thatsachen von der Erkenntniss ihrer causalen Verbindung abhängig sein soll, so entspringt hieraus sein Skepticismus. Den nothwendigen Zusammenhang von Ursache und Wirkung erkennen wir nicht, weder durch Schlüsse *a priori*, noch aus der Erfahrung, und die Gewissheit der Thatsachen bleibt deshalb dahingestellt. Auf den Eindrücken, die wir empfangen, beruhe überhaupt unsere Ueberzeugung von dem Dasein eines Gegenstandes, woran wir nur glauben, weil wir gewisse Vorstellungen haben, welche lebendiger, lebhafter, stärker, fester, dauerhafter sind als die Vorstellungen, welche allein durch die Einbildungskraft entstehen können. Der Skepticismus erscheint hiernach also als ein nothwendiges Ergebniss der Lehre von dem allein sensualen Ursprung der Begriffe. Die intellectuelle Erkenntniss der Thatsachen nach ihrem causalen Zusammenhange ist zweifelhaft, weil sich kein Eindruck nachweisen lässt, von dem der Begriff dieses Zusammenhanges abstrahirt wäre. Nicht an sich aber ist diese Erkenntniss zweifelhaft, sondern nur wenn allein nach diesem Kriterion über die Gültigkeit der Begriffe entschieden werden muss, was umgekehrt uns zweifelhaft ist. Denn aus dem Besitze dieses Begriffes, aus der Thatsache unserer Erkenntniss müssen wir vielmehr folgern, dass die Theorie, welche davon der Sensualismus giebt, ungenügend ist, als es erlaubt ist, nach dieser Theorie die Thatsache der Erkenntniss zu beurtheilen. Sie zeigt, dass wir Begriffe besitzen, welche nicht von den Eindrücken der Sinne abstrahirt sind, und widerlegt daher die Annahme, dass alle Begriffe Kopien der Empfindungen sind und nach der Treue der Kopie mit dem Originale zu beurtheilen seien. Der Sensualismus kehrt aber überhaupt die normale Ordnung der Erkenntniss um, indem er, was durch die Erfahrung erkannt wird, die Thatsache nicht nach ihrem immanenten Principe, sondern nach dem des Denkens, was aber allein durch Begriffe erkannt werden kann, nach dem Princip der Empirie misst und beurtheilt, wobei man sich daher auch über das skeptische Endergebniss nicht wundern kann, da alle Wahrnehmungen ungewiss sind, wenn sie nur gewiss sein sollen, falls ihr Gegentheil unmöglich ist, und alle Begriffe zweifelhaft, wenn sie nur gewiss sind als Kopien der Wahrnehmungen. Die Gewissheit der Thatsachen und Wahrnehmungen hängt aber nicht vom Principe des Widerspruchs ab, und die der Begriffe nicht von den Wahrnehmungen, wovon sie abstrahirt sind. Wenn jene nach der Treue,

---

[1] l. c. IV. VII. 1.

womit sie das Object aufnehmen, und diese nach der Gesetzmässigkeit des Denkens beurtheilt werden, so werden dadurch allerdings die Grundsätze des Sensualismus suspendirt, aber auch die Thatsache der Erkenntniss nicht blos nach ihrer Theorie interpretirt, wie es im Sensualismus der Fall ist.

4. Es wird aber immer merkwürdig bleiben, dass, obgleich Hume uns gezeigt hat, der Begriff des causalen Zusammenhanges, den alle Wissenschaften zu erforschen sich bemühen, sei von keinem Eindruck der Sinne abstrahirt, er dennoch an dem Sensualismus festhielt. Wenn bei Locke die Polemik wider die Einseitigkeiten des Rationalismus es erklärt, wie er nun umgekehrt den Antheil der Empfänglichkeit der Sinne im Erkennen überschätzte, so lässt sich dieselbe Erklärung doch bei Hume nicht anwenden, dessen Meinungen nicht aus einer solchen Polemik hervorgegangen sind, der vielmehr zu einem Bewusstsein über die Grundsätze des Sensualismus sich erhob und doch sie nicht aufgab. Dies zeigt aber, wie uns scheint, dass er von einem unbesiegbaren Vorurtheil ausgeht, dessen Gültigkeit er nicht untersucht, sondern nur vorausgesetzt hat, woraus es sich allein erklären lässt, dass Hume die Grundsätze des Sensualismus nicht aufgab, sondern nach diesen nun doch den Schein einer Erkenntniss von Ursachen und Wirkungen psychologisch ableitet. Denn er meint, dass, wenn gleich in allen einzelnen Fällen von Wirkungen der Körper oder der Seele sich gar nichts finde, was den Eindruck einer nothwendigen Verbindung erzeuge und folglich den Begriff von diesem Gegenstande gebe, so gewönnen wir ihn doch aus vielen gleichartigen Fällen, worin derselbe Gegenstand immer einerlei Begebenheit zur Begleitung habe, indem aus der Gewohnheit einer mehrmaligen Association derselben Vorstellungen ein Gefühl oder ein Eindruck in uns entstehe, wovon jener Begriff nun abgezogen wäre. Durch die mehrmalige Association von Vorstellungen gewöhnen wir uns daran, auch für die Zukunft eine solche Verbindung zu erwarten. Alle Folgerungen der Erfahrung seien daher Wirkungen der Gewohnheit, der grossen Führerin des menschlichen Lebens, und nicht des Denkens [1]. Wie Locke den Begriff der Substanz, so sucht auch Hume den Begriff der Causalität auf eine zur Gewohnheit gewordene Association der Vorstellungen zurückzuführen, um ihn mit den Grundsätzen des Sensualismus in Einklang zu bringen, wodurch Hume aber nicht mehr erreicht als Locke, denn sie deuten nur die Begriffe, welche sie nach den Principien ihrer Erkenntnisstheorie nicht erklären können, in die Consequenzen derselben um. So macht es Locke mit dem Begriffe der Substanz und so Hume mit dem der Ursache und Wirkung. Denn in der That erklärt die Gewohnheit nicht die Nothwendigkeit des Gedankens, welche von seiner logischen Gesetzmässigkeit, aber nicht von den Associationen der Ideen abhängig ist, und ist eine mehrfache und beständige Begleitung zweier Erscheinungen kein causaler Zusammenhang der Begebenheiten, wovon die eine die andere hervorbringt und davon abhängig ist. Obgeich Tag und Nacht beständig auf einander folgen, sind wir durch diese Gewohnheit des Vorstellens doch noch nicht dazu gekommen, sie als Ursache und Wirkung von einander anzusehen. Die Gewohnheit des Vorstellens können

---

[1] l. c. V, 1. VII, 2.

wir irrthümlich mit der Nothwendigkeit des Denkens verwechseln, und ebenso die mehrfache und beständige Begleitung zweier Ereignisse für einen causalen Zusammenhang halten; dass wir aber im Stande sind, jene Gewohnheit wieder abzulegen, wie wir sie angenommen haben, und blos eine Begleitung zweier Ereignisse zu erkennen, wo wir causalen Zusammenhang annehmen, zeigt, dass jene Gewohnheit keine Nothwendigkeit des Denkens ist, welche nicht wechselt, und dass die beständige Begleitung zweier Erscheinungen kein causales Verhältniss ist. Eins für das andere zu substituiren ist der Sensualismus wohl genöthigt, sind wir aber nicht berechtigt, weil er nichts anders einräumen kann.

5. Wenn wir die Veränderung, welche durch Locke's und Hume's Lehren die inductive Methodenlehre Bacon's erfahren hat, bestimmen sollen, so scheinen zunächst jene Lehren nichts weiter zu enthalten, als eine consequente Fortentwickelung und Ergänzung der Bacon'schen Ideen. Denn wenn keine andere, als die inductive Methode im Erkennen gültig sein soll, so werden wir auf der einen Seite auch wie Locke allein die Sinne als Quellen der Erkenntniss ansehen, auf der andern aber mit Hume die intellectuelle Erkenntniss der Thatsachen nach ihrem causalen Zusammenhange, worum es in allen Naturwissenschaften sich handelt, auch in Zweifel ziehen und hierin das wahre Endergebniss der inductiven Methodenlehre Bacon's anerkennen müssen. Allein die Männer, welche, wie Bacon, Descartes und Kant, Gründer einer ganzen Reihe von Entwickelungen sind und für eine lange Zeit die Richtung des Denkens und Wollens bestimmen, umfassen in ihrem Geiste, wenn auch in infiniter Weise, doch mehr als in definiter Gestalt die spätern Lehren und Systeme, welche ihrer Richtung sich anschliessen und daraus hervorgegangen sind. Man wird die Fortschritte, welche auf diese Weise ihre Nachfolger zu Tage gefördert haben, völlig anerkennen und doch zugleich behaupten können, dass in jenen Urhebern und Gründern mehr enthalten ist, als die spätere Zeit verwirklicht hat. In welcher Weise dies zu verstehen sei, werden wir sogleich an Bacon zeigen. Obgleich wir einräumen, dass die Lehre von dem blos sensualen Ursprunge der Begriffe in der Einseitigkeit enthalten ist, dass nach Bacon blos die Induction Erkenntnisse verschafft, so ist der Sensualismus doch bei ihm selbst nicht direct vorhanden, weil, nach seiner Meinung, Anschauen und Denken, Sinn und Verstand gleich nothwendige Elemente der inductiven Erkenntniss sind, da die Sinne nicht ohne die Hülfe des Verstandes Erkenntnisse verschaffen und der Verstand auch mit ihrer Hülfe durch die blosse Sammlung und Association der sinnlichen Vorstellungen nichts leistet, da die Induction durch blosse Sammlung der Fälle nicht zur Erkenntniss der Ursachen der Erscheinungen führt, was die wahre Induction thue. Die völlig abhängige Stellung, welche nach dem Sensualismus der Verstand zu den Sinnen hat, ist wohl als Consequenz, aber nicht als Thatsache bei Bacon vorhanden. Noch weniger aber ist seine Induction skeptisch, wie Hume's. Sie soll nach Bacon die Naturgesetze und zuletzt das eine höchste Naturgesetz, welches alle umfasst, erkennen. Dies Problem führt aber Bacon, weil es noch nicht gelöst ist, nicht zum Zweifel, sondern dazu, die Mittel und Wege zu entdecken, welche, wenn auch in einer fernen Zukunft, zu seiner Lösung dienen. Bei Hume aber verliert in der That die Induction ihr Problem, die Erkenntniss

der Naturgesetze. Wenn diese Gesetze, das der Substantialität und Causalität, nur subjective Gewohnheiten der Einbildungskraft und des Gedächtnisses, wenn die objective Gesetzmässigkeit der Naturphänomene nur eine subjective Gewohnheit der Erinnerung sein soll, dann fehlt hiermit die Ueberzeugung, welche alle inductive Erforschung der Natur begleitet und voraussetzt, dass in ihr ein objectives und erkennbares Dasein vorhanden ist. Ein solcher Zweifel, der das Problem der Induction selbst aufhebt und die Naturwissenschaften zu Theilen einer empirischen Psychologie des Gedächtnisses und der Einbildungskraft macht, ist bei Bacon nicht vorhanden. Es ist daher mehr Wahrheit in Bacon's inductiver Methodenlehre enthalten, als in Locke's und Hume's consequenterer Ausbildung derselben. Jenes ist die Wahrheit in den Gründen, welche in ihre bestimmten Folgerungen noch nicht sich entwickelt haben, dieses ist die Wahrheit der Consequenzen, welche aber ihre Gründe selbst vorher rectificirt haben. Hiernach verstehen wir den Fortschritt und den Rückschritt, der in Locke und Hume im Verhältniss zu Bacon enthalten ist. Da der Inhalt der zeitlichen Entwickelung nicht, wie die Zeit selbst, durch blossen Progressus, sondern nur in Verbindung mit einem beständigen Regressus fortschreitet, so ist es allemal einseitig, das Frühere blos nach dem Späteren zu beurtheilen und nicht zugleich auch zu erkennen, wie doch in diesem mehr enthalten sein kann, wenn auch nur in gewissen Beziehungen, als in jenem. Und mit Recht glauben wir daher auch die Bacon'sche Induction von der sensualistischen und skeptischen Locke's und Hume's unterscheiden zu müssen, da sie in der Bestimmung des Antheils der Sinne, der Vermittelungen des Denkens und der Aufgabe der inductiven Erkenntniss von einander differiren. Die eine ist auch aus einem andern Gedankengange hervorgegangen als die andere. Aus der Bestreitung von Einseitigkeiten in der Entwickelung der Wissenschaften, der einseitigen Hypothese der angeborenen Ideen und der einseitigen Meinung, dass durch blosse Schlüsse *a priori* auch ohne die Erfahrung die Naturgesetze erkannt würden, entstand die sensualistische und skeptische Induction, indess Bacon's Gedanken, voll grosser Hoffnungen und Erwartungen auf die fernste Zukunft der Vollendung der Wissenschaften, sich auf ihre Reform zur Annäherung an dies Ziel hinwandten. Zur Bestreitung von Einseitigkeiten genügt der Sensualismus und Skepticismus, nicht aber zur Production der Erkenntniss.

§ 43. J. F. W. Herschel's Lehre von der Induction.

1. An die Untersuchungen über die inductive Methode durch Bacon, Locke und Hume schliessen wir unmittelbar die Betrachtungen an, welche in neuester Zeit gleichfalls in England über denselben Gegenstand durch Herschel, Mill und Whewell angestellt worden sind. Sie haben noch mehr in Einzelnen, als dies bei Bacon der Fall ist, und mit vorzüglicher Beachtung auf die Ausbildung der Naturwissenschaften der jüngsten Zeit den inductiven Erkenntnissprocess beschrieben und zu ergründen versucht, wodurch sie zugleich das grosse Werk Bacon's weiter gefördert haben. In dieser weiteren Ausbildung und Ergründung der inductiven Methode folgen aber Herschel und Mill mehr der sensualistischen und skeptischen Erkenntnisstheorie Locke's und Hume's, während Whewell

die inductive Methode frei von diesen Einseitigkeiten dargestellt hat. Zunächst werden wir uns aber bekannt machen müssen mit den Ansichten, welche Herschel über diese Gegenstände gegeben hat, woran sich die von Mill und Whewell, sie weiter ausbildend oder bestreitend, anschliessen.

2. Herschel geht nun in seinen Untersuchungen [1] von einer ähnlichen Unterscheidung und Entgegensetzung der Wissenschaften aus wie Hume. Er nimmt zwei Arten derselben an, die abstracten, wozu die Mathematik gehört, und die Naturwissenschaften. Den Begriff dieser beiden Arten der Wissenschaften bestimmt er im Gegensatz mit einander dahin, dass die Kenntniss der Gründe und ihrer Folgerungen den Inhalt der abstracten Wissenschaft, die Kenntniss aber der Ursachen und Wirkungen wie der Naturgesetze den Inhalt der Naturwissenschaften bilde. Jene sollen unabhängig von irgend einem Natursysteme, einer Schöpfung, kurz von irgend einem Dinge, ausser Gedächtniss, Denkkraft und Vernunft sein und sich mit Wahrheiten beschäftigen, welche nothwendig sind und unabhängig von Ursachen bestehen. Hiermit im Gegensatze wird der Begriff der Naturwissenschaft definirt, die wesentlich ihre Bestimmung in der Entdeckung von Ursachen und Wirkung und Gesetze habe, welche soviel wir übersehen könnten, auch anders gewesen sein könnten als sie sind. Der Gegensatz, den Herschel zwischen den abstracten Wissenschaften, der Mathematik, und den Naturwissenschaften annimmt, ist also der Gegensatz zwischen den nothwendigen und den zufälligen Wahrheiten, wie die ältere Schule ihn bezeichnete. Die nothwendigen Wahrheiten werden durch blosses Denken gefunden, die zufälligen aber lassen sich nicht ohne die Erfahrung erkennen. Da wir nun nur durch die Erfahrung über Ursachen und Wirkungen, wie über Naturgesetze aufgeklärt werden, so werden die Naturwissenschaften von Herschel wesentlich als empirische Wissenschaften angesehen [2].

3. Nach dieser Erklärung über das Wesen der Naturwissenschaften bestimmt Herschel das Verfahren, welches sie zur Erreichung ihrer Aufgabe anwenden müssen. Als die letzte Quelle unserer Naturerkenntniss haben wir die Erfahrung und zwar die angehäufte Erfahrung aller Menschen zu allen Zeiten anzusehen. Diese werde auf den beiden Wegen der Beobachtung und des Versuches gewonnen. Die Beobachtung sei mehr passiv, der Versuch mehr activ und gewähre eine grössere Sicherheit, wo er anwendbar ist. Dadurch lernen wir jedoch nur die Phänomene kennen. Die wahrgenommenen Phänomene seien aber nicht das Letzte, sondern selbst nur Resultate von Processen und Operationen, die unmittelbar nicht wahrnehmbar sind. Diese Processe und Operationen, wovon die Phänomene die Resultate sind, sollen wir nach Herschel durch die Analyse der Phänomene erkennen. Das Phänomen des Schalles lasse sich z. B. zerlegen in die Erregung einer Bewegung in den schallenden Körper, in die Mittheilung und Fortpflanzung dieser Bewegung durch die Luft und zum Ohre, und in die Erregung der Empfindung. Durch diese Analyse der

[1] *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy.* Ueber das Studium der Naturwissenschaften von J. F. W. Herschel, übersetzt von Henrici.

[2] a. a. O. I, 2; II, 1.

Phänomene, meint Herschel, nun gelangen wir zu einer Erkenntniss, wenn auch nicht der Ursachen, da dieser Begriff wie der der Kraft uns völlig dunkel bleibe, so doch der Naturgesetze. Solche Gesetze fassten entweder in abstracten Ausdrücken eine ganze Gruppe besonderer Thatsachen zusammen, welche sich auf das Verhalten natürlicher Agentien unter vorgelegten Umständen beziehen, oder durch sie werde eine constante und wechselseitige Verknüpfung oder in manchen Fällen eine völlige Identität zweier Klassen von Individuen ausgedrückt. Die ersteren seien nicht viel mehr als eine Art von künstlichem Gedächtnisse; die letzteren aber enthalten einen Schritt in der wissenschaftlichen Forschung, welcher direct zu der Betrachtung einer näheren, wenn nicht einer letzten Ursache führt. Wenn die Beobachtung daher zur Erkenntniss solcher Gesetze führen soll, müsse sie sich auf die Wahrnehmung und Verbindung mehrerer Dinge richten, da aus der blossen Wahrnehmung einer einzelnen Bestimmung, z. B. dass ein Gegenstand schwarz ist, keine Erkenntniss gefunden werde. Aus diesem Grunde sei die Sammlung von vielen Beispielen für die inductive Erkenntniss unerlässlich. Als ein Hülfsmittel derselben wird dann auch noch die Classification der natürlichen Gegenstände und Phänomene besprochen, jedoch nur in der skeptischen Weise des scholastischen Nominalismus. Denn die Classification wird nur als nothwendig angesehen, damit die Aufmerksamkeit nicht durch die Zahl und Mannigfaltigkeit der Gegenstände zerstreut werde und wir ganze Klassen von Gegenständen und Beziehungen unter einer gemeinschaftlichen Benennung zusammenfassen können, wodurch auch die Nomenclatur für die Wissenschaften von besonderer Wichtigkeit werde. Die Wahrnehmung der Phänomene, die Sammlung der Beobachtungen, die Classification der Gegenstände werden demnach als unentbehrliche Hülfsmittel des inductiven Verfahrens angesehen, dessen wesentliche Aufgabe aber, die Erkenntniss der Naturgesetze, erst durch das, was Herschel die Analyse der Phänomene nennt, gewonnen wird, da wir ohne die Zerlegung der Phänomene nicht zur Erkenntniss der Processe und Operationen gelangen, wovon sie selbst die Resultate sind [1].

4. In dem inductiven Erkenntnissprocesse werden dann zwei Stufen inductiver Verallgemeinerung unterschieden. Die erste Stufe soll die Entdeckung der nächsten Ursachen und der Gesetze von dem niedrigsten Grade der Allgemeinheit, sowie ihre Bestätigung, die zweite aber die Bildung der „Theorien" umfassen. Werde uns ein Phänomen gegeben, so versuche der philosophische Geist zunächst dasselbe zu erklären, aus solchen Ursachen, deren Existenz und Wirksamkeit zur Hervorbringung analoger Phänomene durch die Erfahrung schon dargethan ist, wobei die Bekanntschaft von einer grossen Menge analoger Fälle von grosser Wichtigkeit sei. Der Weg der Analogie soll also für die Erklärung der Phänomene zuerst versucht werden. Wenn aber eine solche Reduction nicht gelinge, so bleibe kein anderes Hülfsmittel anwendbar, als das Phänomen zu verallgemeinern und die Bildung einer Klasse von Thatsachen, welche das fragliche Phänomen zu einem gemeinschaftlichen Classificationsprincip haben, zu versuchen, und unter diesen eine Nachforschung nach anderen Uebereinstimmungs-

[1] a. a. O. II, 2, 3, 5.

punkten, unter denen die Ursache nothwendig sich finden werde, anzustellen. In diesem Falle bildet demnach die Classification und die Entdeckung von Punkten der Uebereinstimmung unter den beobachteten Phänomenen sowie die Ausschliessung der abweichenden Fälle das Mittel zu ihrer Erklärung. Zur Leitung bei der Aufsuchung der gemeinschaftlichen Ursache einer Menge zusammengestellter Thatsachen giebt Herschel alsdann eine Anzahl allgemeiner Regeln, welche durch treffende Beispiele aus den Naturwissenschaften erläutert werden. Namentlich hat er wieder aufmerksam gemacht auf den Gebrauch des *experimentum crucis* nach Bacon zur Ausschliessung einer Ursache aus vielen, welche sich zur Erklärung anbieten; ferner auf den Gebrauch der residuellen Phänomene bei der Entdeckung neuer Thatsachen oder zur Bestätigung von Inductionen, wie auf manches andere, was wir hier übergehen müssen [1]. Bei den grossen Fortschritten, welche die Naturwissenschaften seit Bacon's Zeit gemacht haben, und der umfassenden Naturerkenntniss Herschel's hält es nicht schwer, gegenwärtig das inductive Verfahren genauer zu erläutern und zu bestimmen, denn die Praxis des Erkennens verdeutlicht auch ihre Theorie. — Durch die erste Stufe der inductiven Verallgemeinerung erheben wir uns dann aber ferner zu ihren höheren Graden, welche es nach Herschel mit der Bildung und Bestätigung der Theorien zu thun haben, die selbst erst aus einer Betrachtung der Gesetze und Ursachen hervorgehen, die durch die Inductionen des ersten Grades beschafft worden sind. Zu solchen Theorien gelange man am besten durch die Betrachtung allgemeiner Gesetze, wie des Gesetzes vom Fall der Körper. Bestätigt werden sie jedoch am sichersten durch die Vergleichung mit besonderen Thatsachen. Sowie aber die Theorien sich ihrer Vollendung nähern, werde auch eine immer genauere Bestimmung der Daten erforderlich, wozu die ausgleichende Kraft der Durchschnitte bei den Beobachtungen und die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung von Nutzen sei [2]. Diese zweite und höhere Stufe der inductiven Verallgemeinerung soll demnach die Ergebnisse der Inductionen des ersten Grades zum Ausgangspunkt nehmen, und von hier aus zu den umfassendsten Theorien sich erheben, welche das letzte Ziel wissenschaftlicher Forschung bilden.

5. Mit dieser Darstellung der inductiven Methode, wie Herschel sie gegeben hat, können wir jedoch nicht in allen Stücken übereinstimmen. Namentlich sind darin zwei Punkte enthalten, welche, wie wir meinen, einer besondern Erörterung bedürfen. Der erste geht die von Herschel so benannte Analyse der Phänomene an. Durch ihre Zerlegung meint er zur Erkenntniss der Ursachen und Wirkungen zu gelangen, oder der Processe und Operationen, wovon die Phänomene selbst die Resultate sind. Die Erkenntniss von dem causalen Zusammenhang der Phänomene wird hiernach als eine analytische angesehen, da sie doch vielmehr eine synthetische ist. Denn nicht durch die Analyse des Phänomens des Schalles erkennen wir die Operationen, wodurch dieses Phänomen bewirkt wird, welche vielmehr erst durch eine zweite Wahrnehmung, nämlich

[1] a. a. O. II. 6.
[2] a. a. O. II. 7.

der schwingenden Bewegung der Glocke vermittelt ist, die als Ursache des Schalles nicht wahrgenommen, sondern immer nur gedacht wird. Wir hören den Ton und sehen die schwingende Glocke, denken aber das eine als Ursache mit dem anderen als Wirkung verbunden, was weder sichtbar noch hörbar ist. Die Analyse eines Phänomens reicht nicht bis zur Wahrnehmung eines zweiten und erst durch die Synthesis beider erlangen wir Aufschluss über die Operationen und Processe, deren wahrnehmbare Resultate die Phänomene sind, denn die Erkenntniss der Ursachen und Wirkung ist nicht, wie es so vielfältig vorausgesetzt wird, eine analytische, sondern eine synthetische. Noch in einem zweiten Punkte indess können wir mit Herschel's Darstellung der inductiven Methode nicht übereinstimmen. Als ihre Hülfsmittel betrachtet er mit Recht die Analogie und die Classification, bemerkt aber nicht, dass in dem Gebrauch der Analogien und Classificationen ein Eingreifen der Methode der Deduction in den inductiven Erkenntnissprocess und eine Abhängigkeit derselben von dem speculativen Verfahren enthalten ist; denn durch Analogien und Classificationen wird nicht, wie es die Bestimmung der Induction ist, das Allgemeine aus dem Besondern, sondern umgekehrt das Besondere aus dem Allgemeinen bestimmt. Wendet die Induction aber diese Erkenntnissmittel zur Erreichung ihrer Aufgabe an, so liegt darin auch eine Abhängigkeit der inductiven von der deductiven Methode, und das Wesen des inductiven Verfahrens wird nicht genügend erkannt wenn nicht ausdrücklich dieses Eingreifen des speculativen Verfahrens in den inductiven Erkenntnissprocess hervorgehoben wird. Man überschätzt die Induction, wenn man ihre Abhängigkeit von der Deduction nicht anerkennt. Wenn Herschel hierüber zu einer richtigeren Ansicht durchgedrungen wäre, so würde er es auch nicht versucht haben, in Widerspruch mit seiner Erklärung vom Wesen der Mathematik, als einer abstracten Wissenschaft von allgemeinen und nothwendigen Wahrheiten, die mathematische Erkenntniss als eine blos empirische nachzuweisen. Herschel sieht die Mathematik gleichsam als eine zweite Art empirischer Wissenschaft an, welche wie die eigentliche Erfahrungswissenschaft durch Induction gebildet werde. Diese Ansicht stützt er darauf, dass die geometrischen und mathematischen Axiome überhaupt „insofern allgemeine Sätze inductiver Art seien, als sie unabhängig von Erfahrung in der Seele nicht entstehen würden". Hierdurch aber lässt sich, dass auch die Mathematik eine empirische Wissenschaft ist, nur dann folgern, wenn man vorher den Begriff der Erfahrung willkürlich über seine Grenzen extendirt hat. Ohne alle Erfahrung ist überall in der Seele keine wirkliche Erkenntniss vorhanden. Allein hiervon hängt die Beurtheilung, ob eine Erkenntniss oder eine Wissenschaft eine empirische sei oder nicht, überall nicht ab, da die Empirie für verschiedene Wissenschaften in einem ganz verschiedenen Sinne eine Quelle von Erkenntnissen ist, denn offenbar ist z. B. die Chemie in einem ganz andern Sinne eine empirische Wissenschaft, als selbst nach Herschel die Mathematik und ist die Erkenntniss von den Bestandtheilen des Zuckers in einem andern Sinne von der Erfahrung abhängig, als die arithmetische, dass $7 : 21 = 3$ ist. Denn das eine mal hängt alle Erkenntniss, welche eine Wissenschaft aus der Erfahrung erwirbt, von dem besondern Inhalte der Wahrnehmungen ab, welche

sie macht und sammelt; das andre mal aber kommt dieser besondere Inhalt der Erfahrung, der ihr Wesen ausmacht, gar nicht in Betracht und genügt für die Bildung der Begriffe und der Erkenntniss der Wissenschaft jegliche Erfahrung, die wir erwerben mögen. Nur jene Wissenschaften sind empirische, welche den besondern Inhalt der Erfahrung erkennen und hieraus ihre Begriffe schöpfen; die „abstracten" aber wie die Mathematik, da sie aus jeglicher Erfahrung ihre Erkenntniss schöpfen können, sind es nicht. Dass aber die mathematischen Erkenntnisse nicht ohne alle Erfahrung in uns sind, kann zum Beweise ihrer empirischen Natur nur dann dienen, wenn man willkührlich den Begriff der Erfahrung und der Induction extendirt und nicht bemerkt, wie selbst der inductive Erkenntnissprocess von dem deductiven abhängig ist. In der That gehören beide Methoden allen Wissenschaften an, aber in den empirischen herrscht die inductive und in den speculativen die deductive. Blos empirische Wissenschaften ohne speculative würde es nur dann geben können, wenn es eine Induction gäbe, welche ohne alle Analogie und Classification könnte erworben werden, was aber selbst Herschel nicht annimmt. Ohne diese Hülfsmittel der Deduction ist keine Induction ausführbar und ihr Wesen wird daher nicht genügend erkannt, wenn ihr Verhältniss zur Speculation nicht richtig bestimmt wird.

§. 44. J. St. Mill's Lehre von der Induction und ihrer ausschliesslichen Herrschaft.

1. Die Ansichten, welche J. St. Mill über die inductive Methode gegeben hat, enthalten eine weitere Ausführung von Herschel's Gedanken. Unter Allen, die über diesen Gegenstand in neuerer Zeit sich ausgesprochen haben, hat Mill den Empirismus mit der grössten Entschiedenheit und Gonsequenz ausgeführt. Er steht wie Herschel auf dem Standpunkte der Erkenntnisstheorie von Locke und Hume, die er jedoch als eine ausgemachte Wahrheit schon voraussetzt, und geht von dem negativen Gegensatze der mittelbaren mit der unmittelbaren Erkenntniss in seinen Untersuchungen aus. Zu den Wahrheiten sollen wir nämlich auf zweierlei Wegen gelangen, einige werden direct und für sich allein, andere aber nur durch Hülfe anderer Wahrheiten erkannt. Die ersteren seien die Gegenstände der Anschauung oder des Bewusstseins, die letzteren aber der Folgerungen. Jene sollen die ursprünglichen Prämissen enthalten, aus denen alle übrigen gefolgert werden. Zu den mittelbaren Erkenntnissen, welche in Schlüssen bestehen, gehört nun auch die Induction, wodurch allgemeine Urtheile entdeckt und bestätigt werden. Sie sei diejenige Verstandesoperation, durch welche wir schliessen, dass was für einen besondern Fall oder von gewissen Individuen einer Klasse, oder was zu gewissen Zeiten wahr ist, auch in allen Fällen, auch für die ganze Klasse, unter ähnlichen Umständen auch zu allen Zeiten wahr sein werde. Da die Induction wesentlich eine mittelbare Erkenntniss durch Schlussfolgerungen ist, so will Mill die blosse Beschreibung, worin noch keine Folgerung enthalten ist, auch nicht Induction genannt wissen [1].

---

[1] Die inductive Logik. Nach dem Englischen des John Stuart Mill, deutsch von J. Schiel. Erste Abth. I. §. 2; III. §. 3.

2. Die Voraussetzung aber, worauf das inductive Schlussverfahren sich gründe, sei das Axiom, dass der Gang der Natur gleichförmig, stetig sei, was jedoch nicht in jedem Sinne wahr sei, weil es auch Ausnahmen davon gebe und wir nicht immer Gleichförmigkeit im Laufe der Ereignisse wahrnehmen, im Allgemeinen sei es indess zutreffend. Die Berechtigung der Induction, in der angegebenen Weise zu schliessen, gründet Mill also auf diesem jedoch nicht ganz zureichenden metaphysischen oder ontologischen Axiome, das aber nur die Uebertragung einer unsicheren inductiven Schlussweise auf die Natur ist. Die Gleichförmigkeit im Gange der Naturereignisse ist ebenso unsicher, nur im Allgemeinen zutreffend, wie der inductive Schluss nicht ganz concludend ist. Der logischen Form entspricht also das metaphysische Axiom. Bei genauer Betrachtung soll nun aber ausserdem diese Gleichförmigkeit oder allgemeine Regelmässigkeit sich auflösen in ein Gewebe von einzelnen Regelmässigkeiten, welche man Gesetze nenne. Diese aber zu erkennen, sei die wahre Bestimmung der Induction. Bei der Erklärung der Phänomene müsse sie daher auch ihre Aufmerksamkeit auf diese Vielheit der Gesetze richten, denn die Ursache eines Phänomens bestehe in der Summe seiner Bedingungen. Unter dem Begriff der Ursache aber versteht Mill wie Hume nur die Unveränderlichkeit in der Aufeinanderfolge von Erscheinungen. Das unveränderliche Antecedenz einer Erscheinung sei ihre Ursache. Dieser Begriff genüge wenigstens für die Naturforschung [1].

3. Nach dieser Angabe über die Berechtigung der Induction und ihre wesentliche Aufgabe, betrachten wir, wie nach Mill der inductive Erkenntnissprocess sich vollziehen soll. Auch nach ihm ist das Erste in diesem Processe die Analyse der „complexen" Naturerscheinungen und zwar, wie er meint, durch Beobachtungen und Experimente, denn nur der sei der Beobachter, welcher sieht, aus welchen Theilen etwas zusammengesetzt ist. Die Beobachtung aber diene zur Entdeckung der Ursachen gegebener Wirkungen und der Versuch zur Auffindung der Wirkungen von Ursachen [2]. Wie Herschel hält also auch Mill diese Erkenntniss für eine blos analytische und glaubt schon durch Experimente und Beobachtungen einen causalen Zusammenhang zu erkennen, was ohne Verstandesthätigkeit jedoch nicht möglich ist. — Indem Mill nun aber ferner Gedanken von Herschel weiter ausbildet, gelangt er zur Annahme von vier Methoden der experimentellen Forschung oder der directen Induction *a posteriori*, nämlich der Methode der Uebereinstimmung, der Unterscheidung, der Rückstände und der sich begleitenden Veränderungen. Das erste Verfahren dient zur Erkenntniss der Ursache oder Wirkung einer Naturerscheinung aus der Uebereinstimmung mehrerer Fälle in einem einzigen gemeinsamen Umstande. In dieser Weise sollen wir z. B. erkennen, dass die verschiedenen Körper, welche eine Krystallisation zeigen, in dem einen Umstande des Uebergehens aus einem flüssigen Zustande der Schmelzung oder der Auflösung in den festen Zustand mit einander übereinstimmen. Dieser flüssige Zustand sei daher das unveränderliche Antecendenz der Krystallisation. An diesem Beispiele zeigt sich uns aber zugleich

[1] a. a. O. Erste Abth. III.
[2] a. a. O. Erste Abth. VII.

das Unzureichende von Mill's Erklärung über das Wesen der Ursache im physikalischen Sinne, da Niemand in dem angegebenen unveränderlichen Antecedenz der Krystallisation ihre Ursache wird erkannt zu haben glauben. Das unveränderliche Antecedenz eines Vorganges und seine Ursache, die Unveränderlichkeit in der Aufeinanderfolge von Naturerscheinungen, und ihren causalen Zusammenhang für dasselbe auszugeben, sind wir in der That auch nicht berechtigt, da beides nicht dasselbe ist. Das unveränderliche Antecedenz einer Erscheinung ist nicht ihre Ursache, und die inductive Forschung verfehlt daher ihren Zweck, wenn sie die Ursache einer Erscheinung in ihrer unveränderlichen Antecedenz erkannt zu haben glaubt. — Das zweite Verfahren ist die Differenzmethode. Diese verlange Fälle, welche sich in jeder anderen Beziehung gleichen und sich nur durch die Abwesenheit oder die Gegenwart eines Phänomens, das wir studiren wollen, unterscheiden. Diese Methode vergleiche einen Fall des Eintreffens mit einem seines Nichteintreffens, um zu entdecken, worin sie differiren. So sollen wir durch die Anwendung dieser Schlussweise erfahren, dass, wenn Jemand durchs Herz geschossen, es der Schuss war, der ihn tödtete, da alle Umstände gleich bleiben, mit Ausnahme der Wunde. Diese beiden Methoden der Uebereinstimmung und der Differenz sind Eliminationsverfahren. Die erstere gründe sich darauf, dass Alles, was eliminirt werden kann, mit der Naturerscheinung durch kein Gesetz verknüpft ist; die andere aber darauf, dass Alles, was nicht eliminirt werden kann, durch ein Gesetz mit der Naturerscheinung verknüpft sei. Sie sei vorzüglich die Methode des künstlichen Experimentes, indess die Methode der Uebereinstimmung angewandt werde, wo das Experiment unmöglich ist. — Das Princip der dritten Methode giebt Mill dahin an, dass, wenn von einer gegebenen Naturerscheinung alle Theile abgezogen werden, welche durch vorhergehende Inductionen auf bekannte Ursache bezogen werden können, der Rest der Naturerscheinung die Wirkung der übrig bleibenden Antecedentien sei. Sie heisst daher die Methode der Rückstände. So führte ein Rückstand, der bei der Berechnung der Bahn des Enke'schen Kometen sich nicht auflösen liess, auf die Annahme eines Widerstand leistenden Mediums im Himmelsraum, woraus der Rückstand sich habe erklären lassen. — Die Methode der sich begleitenden Veränderungen endlich werde erforderlich bei der Erforschung der permanenten Ursachen oder der unzerstörbaren Agentien der Natur, welche unmöglich ausgeschlossen oder isolirt werden können. So kann ein Pendel wohl dem Einflusse eines Berges, aber nicht dem der Erde entzogen werden. Soll aber ihr Einfluss auf die Schwingungen des Pendels bestimmt werden, so kann dies nur nach der Regel der vierten Methode geschehen, dass eine Naturerscheinung, die sich verändert, wenn sich eine andere Naturerscheinung in irgend einer besonderen Weise verändert, entweder die Ursache oder eine Wirkung dieser Naturerscheinung oder durch irgend einen Causalzusammenhang damit verknüpft sei [1]. — Diese vier Methoden der experimentellen Naturforschung, welche nach Mill die Naturwissenschaften einzeln oder in Verbindung mit einander anwenden, sind jedoch offenbar nur vier der vorzüglichen Fälle der Anwendung des inductiven Ver-

[1] a. a. O. Erste Abth. VIII, IX.

fahrens, nicht aber selbst verschiedene Methoden. MILL's inductive Logik ist für eine Klasse von Forschern deshalb vorzüglich lehrreich geworden, weil sie die Anwendung des inductiven Verfahrens auf jene Fälle durch ein grosses Material von Thatsachen erläutert. In der weiteren Bestimmung der Hülfsmittel der Induction, der Beschreibung des Beobachteten, der Bildung abstracter Vorstellungen, der Nomenclatur und der Classification enthält diese Logik aber nichts, was den bekannten Vorstellungskreis des skeptischen Empirismus besonders auszeichnete.

4. Mit der Darstellung der Methode, welche nach MILL zur Erkenntniss der Wahrheit führt, nämlich der Induction, verbindet er ausserdem aber eine sehr absprechende Polemik gegen das Verfahren der Deduction und die speculativen Wissenschaften, welche wir noch etwas in Betracht ziehen müssen. Ihm genügt es nicht zu zeigen, dass es empirische oder „experimentelle" Wahrheiten und inductive Wissenschaften giebt, sondern er will auch zugleich darthun, dass alle Wahrheiten, auch die rationalen, nur „experimentelle" und dass alle Wissenschaften, auch die deductiven oder demonstrativen, ohne Ausnahme nur inductive seien [1]. Zu diesen Behauptungen führt ihn aber nicht eine unbefangene Beobachtung der rationalen Wahrheiten und der deductiven Methode, sondern treibt ihn nur die Consequenz seiner sensualistischen Annahmen, welche er als ausgemachte Wahrheiten voraussetzt. Um zuerst zu zeigen, dass alle rationalen Wahrheiten doch nur empirische seien, leugnet MILL ihre allgemeine und nothwendige Natur, was er namentlich im Betreff der mathematischen ausführt. Er sucht da zu zeigen, dass die Nothwendigkeit, welche den mathematischen Sätzen inne wohnt und weshalb es uns unmöglich ist, ihr Gegentheil zu denken, überall nur auf der Gewohnheit des Denkens beruhe. Das Unmögliche sei nur das jeweilige Unbegreifliche, was wir in der Geschichte der Wissenschaften als ein Begreifliches gewohnt werden zu denken. MILL macht also die Nothwendigkeit des wissenschaftlichen Denkens, welche sich auf seine gesetzmässige Ausbildung gründet, zu einer Sache der Gewohnheit und der geschichtlichen Convention, weil er das bis jetzt Unmögliche und Unbegreifliche des empirischen und praktischen Denkens verwechselt mit dem Unmöglichen des wissenschaftlichen Denkens, gerade als hänge es von der Gewohnheit und der zufälligen Ausbildung des Denkens ab, ob man den Widerspruch: der Ostwind weht nach Osten, als eine Wahrheit will gelten lassen oder nicht. Die Nothwendigkeit der rationalen Wahrheiten hängt aber nicht von der zufälligen Ausbildung und der Gewohnheit des Denkens, sondern von seiner methodischen und gesetzmässigen Entwickelung ab. Ebenso wie die Nothwendigkeit, leugnet MILL auch die Allgemeingültigkeit der mathematischen Erkenntnisse. Dass die Halbmesser eines Kreises gleich sind, sei genau wahr von keinem Kreise, es sei nur nahezu wahr, so nahe zu, dass man in der Praxis keinen merklichen Fehler begehe, wenn man es als ganz wahr annehme. Weil es weder Linien ohne Breiten giebt, noch wir sie uns so vorstellen können, hätten die geometrischen Sätze überall keine volle Wahrheit. Von diesen skrupulösen Spitzfindigkeiten hängt aber die

[1] a. a. O. S. VIII, XVIII u. f.

Allgemeingültigkeit der mathematischen Sätze überall nicht ab, sondern von der Fähigkeit des Denkens, in der Betrachtung der einen Dimension des Räumlichen von der anderen abstrahiren zu können, und den Beweisen, wodurch die Mathematik selbst ihre Lehrsätze bewahrheitet, welche überdies in jeder Anwendung auf die Empirie eine Bestätigung ihrer Allgemeingültigkeit finden. Die Nothwendigkeit und Allgemeinheit mathematischer Erkenntnisse sei also auch nur eine Fiction der Phantasie, nur Supposition und Hypothese. Die Behauptung, die rationalen Wahrheiten seien nur empirische oder experimentelle, liegt demnach wohl in der Consequenz des skeptischen Empirismus, nicht aber in der Natur der Sache begründet. Ebenso verhält es sich nun aber auch mit der andern Behauptung, dass die deductiven Wissenschaften ohne Ausnahme inductive seien. Da wir auch die rationalen, insonderheit die mathematischen Begriffe nicht ohne Erfahrung besitzen und die Deduction und der kategorische Schluss das Allgemeine, wovon sie ausgehen, selbst der Induction verdanken, die es erst aus der Beobachtung des Besonderen erwirbt, so seien deshalb auch alle deductiven Wissenschaften in Wahrheit nur inductive. Aus diesen Argumenten lässt sich aber die aufgestellte Behauptung nicht rechtfertigen, denn wenn wir gleich ohne alle Erfahrung keinen Begriff besitzen, so sind doch nur die Begriffe empirische, welche aus dem besondern Inhalte der Erfahrung entspringen, die Begriffe aber, welche wie die mathematischen aus jeglicher Erfahrung können erworben werden, keineswegs auch wie jene empirische. Giebt es Begriffe aber, welche aus jeglicher Erfahrung gewonnen werden können, so giebt es neben den empirischen auch rationale Begriffe, welche dann auch ein rein deductives Verfahren zulassen. Aber auch im Besondern stammt die Kraft des deductiven und des kategorischen Schlusses nicht aus der Induction. Denn wenn auch das Allgemeine, wovon die Deduction ausgeht, inductiv aus der Beobachtung des Besondern erkannt wird, so stammt daher doch nicht auch die Gültigkeit des Allgemeinen für das Besondere, worauf das Verfahren und die Stärke des kategorischen Schlusses und der Deduction beruht. Die Induction kann der Deduction nicht geben, was allein durch sie beschafft werden kann, die Erkenntniss und Bestimmung des Besondern durch das Allgemeine. Solche extreme Behauptungen von dem empirischen Charakter aller Wahrheiten und der inductiven Natur aller Wissenschaften, wie der Empirismus sie blos aus der Consequenz seiner Annahmen ableitet, bestehen also nicht zusammen mit der Beobachtung der Thatsache der rationalen Wahrheiten und der deductiven Wissenschaften. Vielmehr lehren uns diese Thatsachen, neben den empirischen Begriffen auch rationale, und neben den inductiven Wissenschaften auch deductive anzuerkennen.

§. 45. Whewell's Theorie der Induction.

Die Ansichten, welche Whewell in seinen beiden Hauptwerken über die Geschichte [1] und über die Philosophie der inductiven Wissenschaften [2] dargestellt

[1] Geschichte der inductiven Wissenschaften. Nach dem Englischen des W. Whewell von J. J. Littrow, Stuttgart 1840.

[2] *The Philosophy of the Inductive Sciences.* London 1840.

hat, bilden einen Uebergang von der empiristischen Philosophie der Engländer zu der speculativen Philosophie, wie sie seit KANT in Deutschland sich ausgebildet hat. WHEWELL gründet seine Lehre nicht mehr auf der sensualistischen und skeptischen Erkenntnisstheorie von LOCKE und HUME, sondern kommt hierin den Meinungen KANT's über das Verhältniss der Erkenntniss *a priori* zur Empirie ganz nahe. Darin überschreitet er also den Gesichtskreis, welchen die englische Philosophie seit BACON sich gezogen hatte, und erstrebt er eine Erweiterung derselben, wie sie in der Geschichte zuerst durch KANT gefunden worden ist. Zugleich aber hat WHEWELL doch, mehr als dies früher in der deutschen Philosophie geschehen ist, den Werth und die hohe Bedeutung der Induction für die Wissenschaftsbildung erkannt und gewürdigt. Nächst BACON hat er das grösste Verdienst um die richtige Erkenntniss der inductiven Methode sowohl nach der Art, wie sie in der Geschichte der Wissenschaften zur Anwendung gekommen ist, als nach ihrer begrifflichen Stellung. In seiner Geschichte der inductiven Wissenschaften weist WHEWELL den Zusammenhang nach, worin der Fortschritt der einzelnen Naturwissenschaften mit der Anwendung der Induction steht; in seiner Philosophie der inductiven Wissenschaften aber entwickelt er theils die Grundbegriffe der inductiven Naturwissenschaften, theils die Gesetze des inductiven Erkenntnissprocesses. Seine Philosophie der inductiven Wissenschaften umfasst demnach Zweierlei, nämlich die Metaphysik und die Logik der Naturwissenschaften. Jene ist enthalten in der Abhandlung über die Grundbegriffe der Naturwissenschaften, diese aber in den Untersuchungen über die Gesetze und die Bedingungen des inductiven Erkenntnissprocesses. An diesem Orte kann sich unsere Darstellung zunächst nur mit dem letzteren Theil von WHEWELL's Philosophie der inductiven Wissenschaften beschäftigen. Er gründet, wie schon erwähnt, seine Theorie der Induction auf einer Erkenntnisstheorie, welche im Wesentlichen übereinstimmt mit KANT's Ansichten. Da wir von dieser selbst später noch werden handeln müssen, wird es hier genügen, WHEWELL's Auseinandersetzungen hierüber nur in der Kürze zur Darstellung zu bringen.

2. Wenn WHEWELL's Beschreibung und Erklärung von dem inductiven Erkenntnissprocesse wesentlich abweicht von HERSCHEL's und MILL's Ansichten, sodass beide auch polemisch dagegen sich ausgesprochen haben, so liegt der Grund davon darin, dass WHEWELL in der Erkenntnisstheorie KANT, HERSCHEL und MILL aber LOCKE und HUME folgen. Diese schreiben der blossen Empfänglichkeit der Sinne zu, was nach jenen eine Leistung der Thätigkeiten des Gedankens ist. Sie betrachten alle Ideen und Begriffe nur als Modificationen der Empfindungen, während WHEWELL mit KANT annimmt, dass jede Erkenntniss aus einer Verbindung von zwei Elementen besteht, „den Beobachtungen der Dinge ausser uns, und der Reflexion darüber in uns", oder aus „den Eindrücken der Sinne und dem sie verknüpfenden Bande des Verstandes [1]", denn die Ideen seien nicht Transformationen der Sensationen, wie die Sensualisten meinen, sondern Informationen der Empfindungen, weil ohne Begriffe die Empfindungen keine

[1] Geschichte der inductiven Wissenschaften. I, 19.

Form haben, sondern nur den noch ungeordneten Stoff des Erkennens darbieten. Die Sinne geben uns nur die Zeichen und die Phänomene der Natur, ihr Zusammenhang aber und ihre Bedeutung ist kein Object der Sinne, welche das innerliche Band, das das Zukünftige mit dem Vergangenen, das Mögliche mit dem Wirklichen verknüpft, nicht empfinden. Die Erkenntniss von dem Zusammenhang und der Bedeutung der beobachteten Erscheinungen und Thatsachen der Natur stamme daher aus einer anderen Quelle als den Sinnen und müsse zuletzt zurückgeführt werden auf die ursprünglichen Fundamental-Ideen des Geistes, welche die Regeln der nothwendigen Verknüpfung dessen, was die Sinne uns zeigen, enthalten. WHEWELL leitet hiernach Inhalt und Form des Erkennens aus zwei verschiedenen Quellen ab, den Sinnen und dem Verstande, indess der Sensualismus die Formen des Erkennens als mit dem Stoff gegeben ansieht. In der Selbstthätigkeit des Geistes und seinen ursprünglichen Fundamental-Ideen liegt nach WHEWELL auch der Grund von der Erkenntniss des Allgemeinen und Nothwendigen, welche der Sensualismus, soweit er sie überall anerkennt, als gleichfalls durch die Sinne gegeben betrachtet. Sinn und Verstand aber müssen zusammenwirken, wenn Erkenntniss entstehen soll, denn ohne Gesetze, welche der Verstand erkennt, haben die Thatsachen, welche die Sinne uns liefern, keine Verbindung und keinen Zusammenhang und ohne Thatsachen habe das Gesetz keine Realität. Wie es ohne die Verbindung dieser beiden Elemente keine Erkenntniss giebt, so ist ohne ihre Sonderung keine Philosophie, d. i. keine Einsicht in das Wesen und den Vorgang des Erkennens möglich, weshalb die Antithesis „*of Sense and Ideas* [1] das Fundament der Philosophie der Wissenschaften bilde.

3. Da WHEWELL von der Gleichberechtigung der Selbstthätigkeit und der Empfänglichkeit des Geistes in der Erkenntniss ausgeht, so ergiebt sich daraus auch eine andere Auffassung von der Induction, als wir bei HERSCHEL und MILL gefunden haben. Durch die Induction soll aus der Beobachtung einzelner Thatsachen ein Allgemeines, das die Thatsachen mit einander verbindet, gefunden werden. Dies Allgemeine ist nach MILL blos die „einfache Summe" der beobachteten Thatsachen, in denselben selbst gegeben und enthalten, sodass es nur daraus braucht abstrahirt zu werden [2]. Anders sieht jedoch WHEWELL diesen Vorgang an. In einigen Fällen, sagt er, resultire der allgemeine Satz aus einer blossen Nebeneinanderstellung der Fälle, aus einer blossen Verbindung und Ausdehnung derselben. In den meisten Fällen aber seien die Thatsachen nicht blos zusammengebracht, sondern es werde zu ihrer Verbindung ein neues Element hinzugefügt. Dies sei ein in den allgemeinen Satz eingeführter Begriff des Verstandes, der in keiner der beobachteten Thatsachen angetroffen wird. Wenn die Griechen, nachdem sie lange die Bewegungen der Planeten beobachtet hatten, sahen, dass diese Bewegungen richtig betrachtet werden konnten als durch die Bewegung eines Rades an der Innenseite eines andern Rades hervorgebracht, so waren diese Räder Schöpfungen ihres Geistes, die sie den durch die Sinne

[1] *The Philosophy of the Inductive Sciences.* I, XVII u. f.; I, 18 u. f.

[2] Die inductive Logik. 16.

wahrgenommenen Thatsachen hinzufügten. Aber sogar, wenn diese Räder nicht materiell angenommen, sondern auf geometrische Kugeln und Kreise reducirt wurden, so waren sie nichtsdestoweniger Producte des Geistes, etwas den beobachteten Thatsachen Hinzugefügtes. Dasselbe sei der Fall bei allen unseren Entdeckungen. Die Thatsachen sind bekannt, aber sie sind noch isolirt und unverbunden, bis der Entdecker zu dem blossen Aggregat der Daten noch ein Princip der Verbindung hinzubringt. Die Perlen sind da, aber sie hängen nicht zusammen, als bis man sie mit einer Schnur verflicht Dieser allgemeine Begriff sei nicht durch die Erscheinungen, sondern durch den Verstand gegeben. Der Schlusssatz ist nicht in den Prämissen enthalten, sondern schliesst sie zufolge der Einführung einer Verallgemeinung ein. Wenn dieser Begriff einmal eingeführt ist, so erscheint er als untrennbar verknüpft mit den Thatsachen, als nothwendig mit denselben verwebt. Dieser Schritt der Induction, welcher in der *Invention of a new Conception* besteht, sei indess bis jetzt allgemein übersehen und von den früheren Philosophen sogar in Abrede gestellt worden [1]. Denn diese, wie Herschel und Mill, meinen, dass das Allgemeine, was durch die Induction soll entdeckt werden, in den Thatsachen, welche die Sinne liefern, selbst enthalten ist und nur daraus abstrahirt werde, während nach Whewell dasselbe erst durch den Act des Denkens, wodurch die Thatsachen combinirt werden, als ein neues Element zu diesen hinzukommt. Die Differenz ihrer Ansichten liegt also in dem, was nach ihrer Meinung das Denken im Inductionsprocesse leistet. Es bringt entweder die Begriffe zu den Wahrnehmungen, woraus es sie bildet, hinzu, oder die Begriffe entnimmt es selbst aus den Wahrnehmungen, worin sie gegeben sind. In diesem Falle würden die Begriffe nur Transformationen der Empfindungen sein, in jenem aber, wie Whewell sie nennt, Informationen der Empfindungen. Wahre Allgemeinheit und Nothwendigkeit, wie im Grunde jedes Gesetz eine solche erheischt, lässt sich nur erklären, wenn man mit Whewell annimmt, dass die Begriffe als ein zweites Element durch die Selbstthätigkeit des Gedankens zu den Wahrnehmungen, die immer nur Besonderes und Zufälliges liefern, hinzukommen; während in der Erkenntniss nichts Allgemeines und Nothwendiges enthalten sein kann, wenn die Begriffe blosse Transformationen der Empfindungen sind.

4. Die Entdeckung jenes allgemeinen Begriffes aber zur Erklärung der gegebenen Erscheinungen, welcher das Endziel der Induction ist, ist ein Werk der Hypothesen. „Verschiedene Voraussetzungen“, sagt Whewell, „müssen gemacht werden, bis die rechte getroffen wird. Allerlei Möglichkeiten müssen ausgedacht und die passende daraus ausgewählt werden. Der Entdecker muss ingeniös und fruchtbar in der Auffindung von Hypothesen sein, welche die Phänomene der Natur verbinden, fleissig und sorgfältig in Vergleichung derselben mit den Thatsachen, bereitwillig sie aufzugeben, wenn sie nicht mit dem Laufe der Natur harmoniren.“ Die Richtigkeit einer Hypothese werde aber alsdann daran geprüft, ob sie auch andere Phänomene, als wofür sie unmittelbar aufgestellt worden ist, erkläre. In dieser Weise habe sich die Annahme der all-

[1] *The Philosophy of the Inductive Sciences*. Vol. I, 41 u. f.; II, 212 u. f.

gemeinen Gravitation bewährt, indem sich daraus auch die Störungen, die Gestalt der Himmelskörper, Ebbe und Fluth und andere Phänomene erklären lassen, welche ihrer ersten Aufstellung nicht zu Grunde lagen. Mit Recht betrachtet Whewell das probirende und hypothetische Verfahren als ein nothwendiges Mittel für die Lösung des inductiven Problemes. Wo eine Erkenntniss aus der andern gefunden werden soll, findet in dem Geiste eine andere Operation statt, als die logischen Regeln der Schlüsse angeben, worin bereits Gefundenes nur in einen anderen Ausdruck gebracht wird. In der Induction aber wird immer etwas Neues zu dem bereits Bekannten hinzugebracht, das auch auf einem anderen Wege, als dem das gewöhnlichen Schlussverfahrens gefunden wird. Voraussetzungen und Vermuthungen sind unvermeidlich, wenn Inductionen stattfinden sollen; da alle wissenschaftliche Erkenntniss nur allmählig, verschiedene Wege versuchend, sich ausbilden kann. Whewell zeigt überdies, wie mit der Genauigkeit der Beobachtungen auch die Angemessenheit der Hypothesen fortschreitet, was namentlich die Geschichte der Astronomie beweist. Die Hypothesen liegen daher auf dem Wege zur wahren inductiven Erkenntniss, welche nicht gleich im Anfange auch vollendet sein kann.

5. Bei Whewell finden wir nun den Abschluss der Untersuchungen über die Induction innerhalb der Richtung der Philosophie, welche zuerst von Bacon ihren Anfang genommen hat. Dass diese Richtung nicht rein für sich sich zu Ende führen lässt, zeigt sich einerseits an dem alle höhere Erkenntniss aufhebenden Skepticismus, in den sie verfällt, wenn sie blos auf ihrer sensualistischen Grundlage basirt wird, und andererseits bei Whewell daran, dass sie sich genöthigt sieht, diese Grundlage aufzugeben und Principien anzunehmen, welche, wie sie von einem ganz anderen Standpunkte zuerst durch Kant gewonnen worden sind, zugleich den ursprünglichen Intentionen dieser Richtung widersprechen. Denn die Annahme von Fundamental-Ideen, welche ihren Grund und Ursprung haben in den verbindenden Thätigkeiten des Geistes selbst, steht mit der ursprünglichen Intention der englischen Philosophie, alle Begriffe *per inductionem* aus der Erfahrung abzuleiten, oder nur die Sinne als Quellen der Erkenntniss gelten zu lassen, im Widerspruch. Um diesen Widerspruch zu vermeiden, wird man genöthigt das Axiom der empiristischen Philosophie aufzugeben und die Rechte der speculativen oder deductiven Methode für sich anzuerkennen.

II. Geschichte der Theorie der speculativen Methode.

§. 46. Descartes und der Rationalismus.

1. Descartes gehört zu den Gründern der mechanischen Naturansicht, welche in den mathematischen Begriffen das Wesen der körperlichen Natur findet und alle Veränderungen aus äusseren Ursachen glaubt erklären zu können. Diese Naturansicht steht in Verbindung mit dem Rationalismus, den in der neuern Philosophie zuerst Cartesius wieder mit Erfolg geltend gemacht hat. Die Experimentalphysik hat in dem Bacon'schen Empirismus, die mathematische Naturwissenschaft aber in dem Rationalismus ihre erkenntniss-

theoretische Grundlage. Die grössten Mathematiker unter den Philosophen, wie PLATON, DESCARTES und LEIBNIZ, die Erfinder der synthetischen Methode, der analytischen Geometrie und der Differentialrechnung, sind auch zugleich die Urheber der rationalistischen Philosophie. Der moderne Rationalismus ist aber, wenn auch der Art, so doch dem Wesen nach nicht verschieden von dem antiken Rationalismus, den die ELEATEN und PLATON lehrten und der in der mittelalterlichen Philosophie in der Lehre von den drei Principien, nämlich dem der Materie, des Geistes und der Gottheit, sich erhalten hat. Denn überall hat der Rationalismus der innern Erfahrung einen Vorzug gegeben vor der äusseren, die dem Zweifel ausgesetzt ist, und hat er gemeint, dass die Erkenntniss vom Wesen der Dinge allein durch den vernünftigen Gedanken könne erworben werden. Bei CARTESIUS hat sich aber diese Ansicht in folgender Weise gebildet.

2. Nachdem DESCARTES weder in der Schulphilosophie seiner Zeit, die er zuerst studirte, noch im praktischen Leben, dem er sich alsdann widmete, einen sicheren Grund der Wahrheit hatte finden können, meinte er, derselbe könne nur aufgefunden werden, wenn man einmal Alles in Zweifel ziehe, was man bisher als wahr angenommen habe. Den Zweifel an allen überlieferten Meinungen und Ansichten empfiehlt er daher als den Anfang des Erkennens. Vorzüglich hätten wir Grund, den Sinnen zu misstrauen, die uns oft täuschen und daher die Existenz einer körperlichen Welt ausser uns zweifelhaft lassen. Dieser Skepticismus, den CARTESIUS empfiehlt, ist aber nur ein propädeutischer, denn wir sollen nur solange in dem Zustande des Zweifels verharren, bis wir eine Erkenntniss finden, die schlechthin gewiss ist und deshalb nicht mehr in Zweifel kann gezogen werden. Eine solche Erkenntniss finde sich nun in dem Satz ausgesprochen: *cogito ergo sum.* Denn dass ich existire, da ich denke, kann ich nicht bezweifeln. Im Zweifel selbst denke ich und bin dessen gewiss, dass ich existire. Mit unleugbarer und unmittelbarer Gewissheit ergebe sich das Dasein des denkenden Ichs, worin die erste und zuverlässigste aller Erkenntnisse enthalten ist. Die Natur des Geistes ist uns bekannter und seine Existenz gewisser als die des Körpers. Denn Jeder erkennt die Existenz des Geistes in sich früher als alles Uebrige, weil in der Erkenntniss jeder andern Sache auch schon eine Erkenntniss des denkenden Geistes liegt, der sich die Sache vorstellt. Die Erkenntniss von der Existenz aller Dinge sei daher vermittelt durch das *cogito ergo sum*, welches das allgemeine Princip enthält für die Erkenntniss der Realität. DESCARTES giebt demnach der innern Erfahrung, worin jedes denkende Wesen von sich selber weiss, einen Vorzug vor der äusseren Erfahrung. Diese giebt uns zum Zweifel Anlass, der nur durch die Selbstgewissheit der innern Erfahrung überwunden wird.

3. Von diesem sicheren Punkte aus schreitet CARTESIUS weiter fort und bestimmt zuerst das Kriterion der wahren Vorstellung. Ihr Kriterion habe die Vorstellung in ihrer Klarheit und Bestimmtheit, denn was in dem klaren und bestimmten Begriffe einer Sache gedacht werde, habe in ihr Realität und könne von ihr mit Gewissheit bejaht werden. Klar und deutlich erkennen aber nicht die Sinne, sondern nur der Verstand, der daher nicht allein der Richter, sondern auch die Quelle der Wahrheit ist. Denn in dem Verstande treffen wir zu-

gleich gewisse allgemeine Begriffe und Grundsätze an, welche uns nicht von Aussen kommen, sondern die dem Verstand angeboren sind. So hat er Ideen von Zahlen und Figuren und allgemeine Grundsätze wie den: dass Alles eine Ursache hat, die er nicht aus den Sinnen, sondern aus sich selber schöpft, in innerer Anschauung seiner selbst. Aus diesen Ideen und Grundsätzen fliessen aber auch die allgemeinen und nothwendigen Wahrheiten, welche die Grundlage jeglicher Demonstration und Speculation bilden. Die Vernunft entscheidet also nicht blos nach dem angegebenen Kriterion über die Wahrheit der Vorstellungen, sondern sie ist auch die Quelle der Ideen und Grundsätze, woraus die Demonstration alle Erkenntniss gewinnt.

4. Durch das Kriterion, wonach Cartesius die Wahrheit unserer Vorstellungen beurtheilt, hält er sich auch zu der Annahme berechtigt, dass das objective Wesen der Körper allein durch die mathematischen Begriffe erkannt werde, da nur diese Begriffe uns klare und bestimmte Vorstellungen von den materiellen Dingen verschaffen, während die sinnliche Vorstellung von der Härte, der Schwere und der Farbe der Körper nicht klar und bestimmt sind. Sie stellen nur Eigenschaften der Körper im Verhältnisse zu uns dar, das objective Wesen desselben aber liege in seiner Ausdehnung nach den drei Dimensionen des Raumes. Cartesius empfiehlt daher auch als das Organon der Naturwissenschaften die Mathematik, welche durch ihre allgemeinen Begriffe uns in den Stand setzt, weiter in die Erfahrung einzudringen. Die Natur, will er, soll durch die Mathematik erforscht werden. Ihr speculatives Verfahren aus allgemeinen Grundsätzen Alles zu demonstriren, hält er für die allein zuverlässige Methode der Erkennens, welche überall angewandt werden müsse. „Die langen Reihen ganz einfacher und leichter Gründe“, sagt er, „mittelst deren die Mathematiker die schwierigsten Dinge zur Evidenz bringen, haben Anleitung gegeben zu glauben: alles was zur menschlichen Erkenntniss gehört, folge in derselben Weise eines auf das andere dergestalt, dass sofern wir nur dem Irrthum den Zugang verschliessen und die rechte Ordnung, in welcher die Erkenntnisse auseinander hervorgehen, festhalten, keine Erkenntniss so entfernt sei, die wir nicht erreichen, keine so verborgen, die wir nicht aufdecken könnten.“ Wenn Descartes daher auch ähnlich wie Bacon gegen die Herrschaft der aristotelischen Logik polemisirt, so setzt er sich doch zugleich dem Empirismus entgegen, der durch die Empirie der Sinne die Natur erforschen will und darin zugleich die Ergänzung der früheren Logik findet. Er meint vielmehr, dass die Mathematik das wahre Organon der Wissenschaften sei, weil ihre Begriffe das objective Wesen der Dinge auffassen und ihre Methode die grösste Sicherheit und Gewissheit verschaffe.

5. Die Ueberzeugung indess, dass objective existirt, was klar und deutlich erkannt wird, stützt Cartesius darauf, dass Gott uns ein Erkenntnissvermögen gegeben hat, das der Wahrheit mächtig ist. Er konnte uns kein Erkenntnissvermögen geben, das verkehrt ist und das Falsche für das Wahre ergreift, weil er wahrhaft ist und uns deshalb nicht betrügt. Es widerspricht also, meint Cartesius, dem Wesen des Absoluten, anzunehmen, dass unsere klaren und deutlichen Vorstellungen ohne objective Realität seien. Hierauf gründet er auch seinen Beweis für das Dasein einer Aussenwelt. Denn Gott würde ein Betrüger

sein, wenn er die Vorstellung einer ausgedehnten Materie in uns hervorbrächte, ohne dass eine ausgedehnte Sache existire. Da wir dies nicht nicht annehmen können, dürfen wir überzeugt sein, dass materielle Dinge oder Körper existiren, wie wir sie klar und deutlich erkennen. Dass aber Gott existirt, folge aus der Vorstellung eines vollkommenen Wesens, die wir in uns finden. Denn diese Vorstellung können wir nicht aus uns selbst entnehmen, da wir unvollkommen sind, sie setze daher eine Ursache ausser uns voraus, deren Wirkung sie sei. Zuletzt führt also CARTESIUS Alles auf das Dasein und Wesen Gottes zurück. Er meint auch, dass die Philosophie die vollkommenste sei, welche alle Erkenntniss aus dem Begriff Gottes ableite. Für uns sei dies aber nicht möglich, da wir endlich, Gott aber unendlich ist, denn das Unendliche übersteige unsere natürliche Erkenntnisskraft. Ebenso wenig könnten wir den Plan und den Zweck der Schöpfung erforschen. Sofern aber Gott doch auch zugleich die wirkende Ursache der Dinge sei, könnten wir hieraus auch Einiges über die Natur der Dinge schliessen. Es folge z. B. aus der Unveränderlichkeit Gottes die Constanz in der Grösse der Bewegung. Die Gesetze der Natur müssten daher aus dem Wesen Gottes erkannt werden.

6. Die Erkenntnisslehre des CARTESIUS ist, wie aus unserer Darstellung erhellt, aus verschiedenen Elementen zusammengesetzt. Sie besteht aus einem skeptischen, empirischen und rationalistischen Bestandtheile. Der Zweifel bildet den Anfang der wissenschaftlichen Erkenntniss, die innere Erfahrung giebt in dem *cogito ergo sum* das erste Princip der Gewissheit, die allgemeinen und nothwendigen Begriffe des Verstandes aber gewähren erst eine objective Erkenntniss von dem Wesen der Dinge. Diese Elemente haben in der weiteren Fortentwickelung der Lehren des CARTESIUS durch GEULINCX, MALEBRANCHE, SPINOZA eine modificirte Stellung erhalten. Den skeptischen Ausgangspunkt lässt man nach und nach fallen und beginnt die Erkenntniss dogmatisch; anfänglich noch wie GEULINCX und MALEBRANCHE mit dem *cogito ergo sum*, später aber mit allgemeinen Grundsätzen des Verstandes und der Idee des Absoluten, wie dies namentlich SPINOZA gethan hat, der das rationalistische Element am consequentesten ausgebildet hat, sodass selbst der Satz *cogito ergo sum*, der nur eine Thatsache ausspricht, in dem consequenten Rationalismus SPINOZA's seine Bedeutung verliert. Denn er vertraut allein den Begriffen der Vernunft und erkennt in dem Thatsächlichen nur so viel Wahrheit, als sie eine Exemplification jener Begriffe enthalten. Während DESCARTES von dem denkenden Ich ausgeht, das auf der einen Seite mit der ausgedehnten Substanz, auf der anderen Seite mit Gott in Verbindung gedacht wird, kehrt SPINOZA diese Ordnung um. Er geht von der Idee der absoluten Substanz der Gottheit aus, welche die Ursache ihrer selbst ist, und betrachtet den Körper wie den denkenden Geist nur als Attribute und Modificationen des göttlichen Seins. Diese Fortentwickelung der Lehren des CARTESIUS beweist aber, dass das rationalistische Element seiner Erkenntnisslehre, da es zuletzt ganz das empirische und skeptische ausscheidet, das lebendige und treibende Motiv ist in der ganzen Richtung der Philosophie, welche von DESCARTES ausgeht. Der Rationalismus aber ist zugleich die Philosophie der mathematischen Naturwissenschaft, welche in derselben Zeit blühte.

§. 47. Leibniz. Vertheidigung und Umbildung des Rationalismus.

1. Wie sehr auch Leibniz den Intentionen des Rationalismus anhing, beweist namentlich ein Unternehmen, mit dessen Verwirklichung er die ganze Zeit seines Lebens sich beschäftigte, das aber wie manches Andere bei dem grossen Manne nur ein Entwurf geblieben ist. Er ging nämlich mit dem Plane um, die *lingua characteristica universalis quae simul sit ars inveniendi et judicandi* für alle rationalen Wissenschaften zu erfinden. Durch die Entdeckung der allgemeinen Charakteristik der Wissenschaften werde nicht blos das menschliche Wissen ins Unermessliche erweitert, sondern auch das Heil der Menschheit gefördert, da Religiosität und Tugend, Freundschaft und Gesundheit Folgen ihres Besitzes sein würden. Denn wäre die allgemeine Charakteristik entdeckt, so würde Niemand, der in ihren Zeichen dächte, jemals irren können, oder wenn er irrte, so müsste sich sein Irrthum durch die leichtesten Proben auffinden und berichtigen lassen. Ueberdies würde jeder mit Sicherheit erkennen, in wie weit sich aus dem Gegebenen neue Wahrheiten folgern liessen; er würde also auch einsehen, wo das Gegebene zur Auffindung des Gesuchten nicht hinreichte und welche neue Versuche und Begriffe nöthig wären, damit die gesuchten Wahrheiten gefunden werden könnten. Alle Sophismen und Irrthümer würden nichts anderes sein als Fehler des Calculs und sie würden sich ebenso leicht aufdecken lassen wie die Barbarismen einer Sprache. Diese Kunst, unterstützt durch ununterbrochene Beweisführung und durch klaren Calcul, würde das wahrhaft allgemeine Organon aller menschlichen Wissenschaften sein [1]. Leibniz versprach sich aber so Grosses von dieser Erfindung, weil von der Zeichenschrift einer Wissenschaft ihre Ausbildung und Vollendung bedingt ist. „Jedes menschliche Denken wird erst in gewissen Zeichen oder Charakteren vollendet." Sie kürzen die Operationen des Denkens ab, indem sie ganze Reihen von Gedanken zusammenfassen, sodass wir nicht nöthig haben, die Sache jedesmal so oft sie vorkommt von Neuem zu bedenken. Wir würden mit dem Denken ohne Zeichen nie zu Ende kommen. In welchem Grade aber die Ausbildung einer Wissenschaft von ihrer Zeichensprache abhängt, hatte in jener Zeit die Mathematik *in exemplo* gezeigt, die durch die Anwendung der arabischen Zahlenschrift und der algebraischen Zeichen zu einer nie geahnten Vollkommenheit gelangt war. Allein diese Zeichen leisten auch mehr als die gewöhnliche Schriftsprache. Sie sind nicht wie die Zeichen der Worte zweideutig, sondern von einfacher Bedeutung und befassen doch zugleich Alles; sie sind ferner Zeichen des Denkens, mit denen sich rechnen lässt, und sind also eine *lingua characteristica, quae simul sit ars inveniendi et judicandi.* Durch die Annahme der neuen Zahlenschrift haben in der modernen Mathematik die calculatorischen Methoden zugleich das Uebergewicht erlangt über die der Construction, welche die Alten fast allein gebrauchen konnten wegen ihrer unbeholfenen Zahlenschrift, womit sich nicht rechnen lässt. Leibniz hoffte nun eine ähnliche charakteristische Zeichensprache für alle Wissenschaften auffinden zu können, wodurch sie zu derselben Sicher-

---

[1] Fundamenta Calculi Ratiocinatoris; edid. Erdmann. Fragm. XVIII.

heit, allgemeinen Verständlichkeit und Gewissheit gelangen sollten, wie die Mathematik sie schon erreicht hatte. Alle Wissenschaften würden dann der Mathematik in allen ihren Vorzügen gleich werden, welche sie jetzt vor allen auszeichnet. Nach ihrem Muster dachte sich LEIBNIZ die allgemeine Charakteristik. Er hat eine ebenso grosse Vorliebe für die mathematische Methode wie CARTESIUS. Wir können Alles nur in mathematischer Weise begreifen, meint LEIBNIZ, denn Alles geschieht in der Welt mathematisch. Gott habe Alles nach Gewicht, Maass und Zahl gemacht. Wenn es aber auch Dinge giebt, welche aus Mangel an Kraft und Gewicht nicht gewogen und, weil sie keine Theile haben, nicht gemessen werden können, so lässt sich doch alles und jedes zählen, der Zahl sei daher Alles unterworfen. Die Arithmetik sei eine Statik des Universums, wodurch die Kräfte der Dinge erforscht werden. Nach ihrer Analogie aber will er charakteristische Zeichen auffinden, womit man in allen Wissenschaften operiren könne, wie die Mathematik mit ihren Zeichen rechnet. Er sieht in der allgemeinen Charakteristik zugleich einen *calculus generalis s. ratiocinator*. Sie würde auch zugleich eine Universalsprache sein und die Mängel der Volkssprachen, die weniger den Zwecken der Wissenschaften entsprechen, ergänzen. Beides aber, die allgemeine Charakteristik und ihre Universal-Methode, ist bedingt durch die vorhergehende Auffindung der ursprünglichen und einfachen Grundbegriffe des menschlichen Verstandes, deren es indess nur sehr wenige gäbe. Sind sie entdeckt, so muss für jeden ein charakteristisches Zeichen erfunden werden. Aus ihren möglichen Combinationen aber lassen sich dann alle abgeleiteten Begriffe finden. Es ist LEIBNIZ aber doch nicht gelungen, die einfachen Grundbegriffe des menschlichen Verstandes, ihre Bezeichnung und die Methode ihrer Combinationen aufzufinden, seine weiteren Ausführungen dieser Gedanken sind blosse Versuche und Fragmente geblieben, wovon eine zusammenfassende Darstellung in den unten angegebenen Abhandlungen sich findet [1]. Das Verfahren der Arithmetik zur Universal-Methode der Wissenschaften zu erweitern, bleibt aber auch ein hoffnungsloses Unternehmen, da die Bedingungen des Calculs in anderen Wissenschaften nicht vorhanden sind, und alle Wissenschaften überhaupt nicht in der Weise eins sind, dass in allen dieselbe Methode des Denkens herrschen könnte. Eine Universal-Methode setzt die wesentliche Gleichheit aller Wissenschaften voraus, und scheitert nothwendig an der Verschiedenheit der Wissenschaften, welche verschiedene Methoden des Denkens involviren. Auch HEGEL's dialektische Methode, die ebenso die Universal-Methode der Wissenschaften sein sollte, geht von derselben Voraussetzung der Gleichheit aller Wissenschaften aus und ist an ihrer Verschiedenheit gescheitert. Mit derselben Methode können nicht alle Probleme des Denkens gelöst werden [2].

2. LEIBNIZ hat jedoch nicht blos das Bestreben des modernen Rationalismus: die mathematische Methode zur universellen zu erheben, getheilt, sondern auch die Grundlehren des Rationalismus weiter ausgebildet. Er unterscheidet

---

[1] FR. EXNER. Ueber LEIBNIZENS Universal-Wissenschaft. Prag 1843. — A. TRENDELENBURG. Ueber LEIBNIZENS Entwurf einer allgemeinen Charakteristik. Berlin 1856.

[2] Cf. m. Abhandl.: Ueber die Möglichkeit und die Bedingungen einer für alle Wissenschaften gleichen Methode in: FICHTE's Zeitschrift. B. XIV. Heft 1 u. f.

zwei Arten der Wahrheit, die der Vernunft und die der Thatsachen. Die Vernunftwahrheiten sind nothwendig und ihr Gegentheil ist unmöglich, die der Thatsachen sind zufällig und ihr Gegentheil ist möglich. *L'apperception immediate de notre existence et de nos pensées nous fournit les premieres vérités à posteriori ou de fait, c'est à dire les premieres experiences; comme les perceptions identiques contiennent les premieres vérités à priori, c'est à dire les premieres lumieres. Les unes et les autres sont incapables d'etre prouvées et peuvent être appellées immediates celles-la, parcequ'il y a immediation entre l'entendement et son objet, celles-ci, parcequ'il y a immediation entre le sujet et le predicat* [1]. Wenn eine Wahrheit nothwendig ist, so kann man ihren Grund durch die Analyse finden, indem man sie in einfachere Ideen und Wahrheiten auflöst, bis man auf die ursprünglichen kommt, welche in identischen Urtheilen bestehen, deren Gegentheil einen ausdrücklichen Widerspruch enthält. Sie gründen sich auf dem Principe des Widerspruchs, wonach wir urtheilen, dass Alles, was einen Widerspruch enthält, falsch, das Gegentheil aber wahr ist. Die zufälligen oder thatsächlichen Wahrheiten können aber nicht durch das Princip des Widerspruchs bewiesen werden, da sie nicht durch Analyse aufgefunden werden und ihr Gegentheil nicht unmöglich ist. Diese Wahrheiten gründen sich auf dem Principe des zureichenden Grundes, kraft dessen wir annehmen, dass keine Thatsache wahr sein oder existiren kann, ohne dass dazu ein hinreichender Grund vorhanden wäre, warum sie so und nicht anders ist [2]. Die ewigen Wahrheiten haben ihren Grund in sich selber, der daher auch nach dem Principe des Widerspruches durch Analyse aufgefunden werden kann; die zufälligen Wahrheiten aber, die Thatsachen, haben einen Grund ausser sich, warum sie stattfinden.

3. Die Erkenntniss der thatsächlichen und der nothwendigen Wahrheiten leitet Leibniz aus verschiedenen Quellen ab, was er namentlich in Polemik wider Locke's Sensualismus nachweiset, nach dem die nothwendigen, wie die historischen Wahrheiten aus derselben Quelle, den Sinnen, entspringen sollen. Dem entgegen sucht Leibniz zu zeigen, dass die nothwendigen Wahrheiten nicht aus den Sinnen, sondern aus den dem Verstand eingebornen Ideen entspringen. Ihre Annahme rechtfertigt er wider die Angriffe Locke's, der sie einfach damit beseitigen wollte, dass sie „Kindern und gemeinen Leuten nicht bekannt sind", und dass „sie nicht allgemeine Beistimmung finden". Allein die nothwendigen Wahrheiten werden anerkannt, sobald man sie versteht, und finden sich, wie der Grundsatz des Widerspruchs in allen Menschen als Fertigkeiten schon bevor sie selbst zum Gegenstande des Denkens gemacht werden. Dass solche Wahrheiten aber nicht auch ohne Bewusstsein in uns sollten sein können, wie Locke meint, giebt Leibniz nicht zu, da, was einer erkennenden Substanz natürlich ist, nicht auch sogleich erkannt sein muss, und deshalb vieles in uns sein kann, bevor wir es gedacht haben. Jene Wahrheiten sind dem Geiste in dem Sinne angeboren, dass er sie nur in sich selbst finden und durch Nachdenken aus sich entwickeln kann. Aus den Sinnen können sie nicht entspringen. *Les sens ne donnent jamais que des exemples, c'est à dire des vérités particulières ou in-*

[1] *Nouveaux essais sur l'entendement humain.* IV, 9, 2.
[2] *La Monadologie.* §. 31—37.

dividuelles [1]. Aus der Sammlung vieler Particularitäten ergiebt sich auch keine Allgemeinheit und Nothwendigkeit, wie die Lehrsätze der Mathematik sie in sich schliessen. Aber in der Erkenntniss seiner selbst findet der Geist die nothwendigen Wahrheiten, denn in der Seele selbst liegen Sein, Einheit, Wesen, Ursache, Vorstellung, Schluss, Gutes, Wahres, Thun, Leiden, Dauer u. a., welche unmittelbare und immer gegenwärtige Objecte unseres Verstandes sind. Wir würden keine Idee von einem Wesen haben, wenn wir nicht selbst Wesen wären und folglich das Wesen in uns finden. Wir selbst, unser Verstand ist uns angeboren und deshalb besitzen wir Erkenntniss *a priori*. Den Kanon der Sensualisten: *nihil est in intellectu, quod non fuerit in sensu,* beschränkt LEIBNIZ deshalb durch den Zusatz: *nisi ipse intellectus* [2]. Er besitzt eigene Erkenntnisse, die nicht durch die Sinne gegeben werden. Wenn der Geist aber auch die nothwendigen Wahrheiten in sich findet und ihre Erkenntniss aus sich schöpft, so bedürfen sie doch der Entwickelung durch das Nachdenken und die sinnliche Anregung. Denn wir würden die angeborenen Wahrheiten nicht in uns gewahr werden, wie LEIBNIZ dem Sensualismus einräumt, wenn nicht äussere Gegenstände uns auf sie aufmerksam machten, woraus aber nicht folgt, dass sie auch durch die Sinne gegeben werden. Auch müssen die Wahrheiten, welche als angeboren anerkannt werden sollen, mit Hülfe der Definitionen auf die obersten Grundsätze, die identischen Urtheile, deren Gegentheil einen ausdrücklichen Widerspruch enthält, zurückgeführt werden, damit nicht irrige Meinungen für nothwendige Wahrheiten ausgegeben werden. Eine Deutlichkeit der Erkenntniss aber, wie sie in den Definitionen enthalten ist, finde sich nur in den Begriffen des Verstandes, nicht aber in den Vorstellungen der Sinne, welche verworren sind, da in ihnen unzählige Eindrücke, welche beständig auf sie influiren, ohne Scheidung zusammenfliessen. Ein Gemenge von gelben und blauen Sandkörnern erscheint uns grün, weil die Sinne die Eindrücke nicht scheiden, sondern sie nur vermischt aufnehmen. Die sinnlichen Vorstellungen scheinen nur einfach zu sein, weil sie verworren sind, sind aber nicht einfach, wie LOCKE annimmt. Sie lassen sich nicht deutlich machen und auf einfache Bestandtheile zurückführen. Wie alle Deutlichkeit unserer Vorstellungen durch den Verstand bewirkt wird, so erkennt er auch das Einfache, woraus alles Zusammengesetzte zu erkennen ist. Der Verstand ist daher die Quelle der Erkenntniss der allgemeinen, nothwendigen und einfachen Wahrheiten, aus den Sinnen aber entspringen verworrene Vorstellungen und die Erkenntniss der zufälligen und particulären Wahrheiten der Thatsachen [3].

4. Durch die Anerkennung der thatsächlichen Wahrheiten neben den nothwendigen und ihres verschiedenen Ursprunges hat LEIBNIZ den Rationalismus eingeschränkt, dessen Streben dahin geht, auch die Thatsachen als nothwendige Wahrheiten zu behandeln. Mit dieser Anerkennung stimmt aber nicht die Ansicht über die Verworrenheit der sinnlichen und die Deutlichkeit der intellectuellen Vorstellungen überein, denn diese Ansicht begünstigt im Gegentheil das Vor-

[1] *Nouveaux essais.* p. 5.
[2] l. l. II, 2, 2.
[3] l. l. I, 1, §. 2—18. II, 1, 2. IV, 3, 6

urtheil des Rationalismus. Wenn die Sinne nur verworren vorstellen, was der Verstand deutlich erkennt, so würde daraus folgen, dass, wenn die sinnlichen Vorstellungen deutlich gemacht worden, ihre Wahrheiten sich in nothwendige Wahrheiten auflösen würden, d. h. es würde folgen, dass es nur nothwendige Wahrheiten giebt, wie der strenge Rationalismus lehrt. Die Zugeständnisse, welche Leibniz dem Empirismus macht, sind doch keine Folgen seiner eigenen Lehren, er meint vielmehr: *Toutes les pensées et actions de notre ame viennent de son propre fonds, sans pouvoir lui être données par les sens* [1], weil er in den Sinnen nur Einschränkungen erkennt, alles Positive aber dem inneren Gedanken zuschreibt. Was Leibniz dem Empirismus einräumt, sind gerade nur Zugeständnisse, die nicht principieller Natur sind. Der Consequenz nach reducirt der Rationalismus die Thatsachen auf nothwendige Wahrheiten, wie der Sensualismus umgekehrt die nothwendigen Wahrheiten auf thatsächliche zu reduciren versucht. Allein das eine ist ein ebenso vergebliches Unternehmen wie das andere, da zur Erkenntniss beides erforderlich ist, Thatsachen und allgemeine Regeln. Wenn unsere Erkenntnisse sich insgesammt auflösen liessen in lauter Thatsachen, würde darin jeglicher Zusammenhang fehlen, da keine Thatsache unter eine andere subsumirt werden kann. Jede Thatsache drückt vielmehr ein Erstes und Letztes aus, dem nichts subsumirt werden kann. Wenn aber alle unsere Erkenntnisse nur aus allgemeinen Regeln beständen, würden sie nicht einmal gedacht werden können, da wir, wie auch Leibniz bemerkt, ohne Zeichen nicht denken können, die aber im Verhältnisse zur allgemeinen Regel, die sie ausdrücken sollen, nur ein Thatsächliches sind. Wird das Princip des Widerspruchs durch *A* ist nicht *Non A* bezeichnet, so ist doch dieser Ausdruck selbst nur ein Beispiel des allgemeinen Principes. Denn dass *A* nicht *Non A* ist, folgt selbst erst aus der Anwendung des allgemeinen Principes des Widerspruchs. Thatsache und nothwendige Wahrheit sind in unserem Erkennen so mit einander verwachsen, dass wir sie nur im Gedanken durch Abstraction trennen können, weshalb es auch unmöglich ist, eins auf das andere zu reduciren. Sensualismus und Rationalismus sind nur misslingende Experimente, aber lehrreich, weil sie misslingen, und so zugleich das Gegentheil von dem beweisen, wozu sie dienen sollen. Sie zeigen, dass in der menschlichen Erkenntniss nicht alles auf eine Norm zurückgeführt werden kann, und dass wir Erkenntnisse *a priori* und *a posteriori* neben einander anerkennen müssen.

III. Geschichte der Erkenntnisstheorie und Methodenlehre in der deutschen Philosophie seit Kant.

§. 48. Kant, der Kriticismus.

1. Kant geht in seiner Theorie über die menschliche Erkenntniss [2] von der Annahme aus, dass alle Erkenntnisse in Urtheilen bestehen, worin Begriffe

---

[1] l. l. I. 1. 1.

[2] Immanuel Kant's sämmtliche Werke von K. Rosenkranz und F. W. Schubert. 2. Thl. Kritik der reinen Vernunft. 3. Thl. Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik. 4. Thl. Kritik der Urtheilskraft. 5. Thl. Kritik der praktischen Vernunft.

mit einander zur objectiven Einheit verbunden werden. Was in einer solchen Begriffsverbindung gedacht wird, dem schreiben wir objective Wahrheit zu. Diese Verbindungen sind aber oft nichts anderes, als blosse Analyse unserer Begriffe. Die Urtheile, welche dadurch entstehen, nennt Kant analytische. Analysiren wir den Begriff des Körpers, so finden wir das Prädicat der Ausdehnung und bilden nun das analytische Urtheil: alle Körper sind ausgedehnt. Die Gültigkeit dieser Urtheile beruht auf dem Satze des Widerspruches, der entsteht, wenn in einem solchen Urtheil das Prädicat von seinem Subjecte verneint wird. Woher auch der Inhalt dieser Begriffe stammen mag, die Urtheile, welche aus ihrer Analyse entstehen, sind alle *a priori*, d. i. gelten allgemein und nothwendig. Durch das analytische Denken, was wir in diesen Fällen anwenden, wird unsere Erkenntniss jedoch nicht vermehrt und erweitert, sondern nur erläutert, wir erkennen dadurch nur was implicite in den Begriffen, die wir analysiren, schon vorher gedacht war. Mit den Formen und Gesetzen des analytischen Denkens beschäftigt sich die formale Logik. So nützlich ihre Anwendung auf alle Erkenntniss auch ist, neue Erkenntnisse werden dadurch doch nicht erworben, sondern was wir in Begriffen schon aufgefasst haben, wird dadurch nur logisch klar und deutlich gemacht. Diese Logik lehrt daher auch nichts über die Entstehung, den Umfang, die Erweiterung und die Realität unserer Erkenntniss. Wenn aber dies erkannt werden soll, so sei dazu eine neue Wissenschaft erforderlich, die Kant im Allgemeinen die Kritik der Vernunft nennt und die eine transscendentale Logik und Aesthetik umfasst, welche sich mit den Fragen nach dem Ursprung, dem Umfang und der Wahrheit unserer intuitiven und intellectuellen Erkenntniss beschäftigt und mithin eine Ergänzung der formalen Logik enthält.

2. Alle Erweiterung und Vermehrung der menschlichen Erkenntniss geschieht durch synthetische Urtheile. Diese bestehen in einer ursprünglichen Verbindung von zwei Begriffen, wovon der eine nicht schon in dem anderen enthalten ist, sondern durch die Verbindung erst zu dem anderen hinzukommt. Wie sie nicht durch eine blosse Analyse können gefunden werden, so beruhen sie auch nicht blos auf dem Principe des Widerspruchs. Solche synthetische Urtheile werden zuerst durch die Erfahrung erworben, da durch sie immer etwas Neues zu dem schon Bekannten hinzukommt. Das synthetische Urtheil, dass die Körper schwer sind, beruht auf der Erfahrung. Es wird dadurch auch zugleich unser Begriff von einem Körper erweitert, da durch die Analyse dieses Begriffes wohl das Prädicat der Ausdehnung, nicht aber das der Schwere gefunden wird. Es giebt nun aber nicht blos synthetische Urtheile *a posteriori*, sondern auch solche *a priori*, sowohl in der Mathematik wie in der Philosophie. Beide sind apriorische Wissenschaften und erkennen in synthetischen Urtheilen. Dass die gerade Linie zwischen zwei Punkten der kürzeste Weg sei, ist ein synthetischer Satz. Denn mein Begriff vom Geraden enthält nichts von Grösse, sondern nur eine Qualität. Der Begriff des Kürzesten kommt also gänzlich hinzu und kann durch keine Zergliederung aus dem Begriffe der geraden Linie gezogen werden. Anschauung muss also hier zu Hülfe genommen werden, vermittelst deren allein die Synthesis möglich ist. Wie in der Mathematik, so giebt es auch synthetische Urtheile

a priori in der Philosophie. Ein solches liegt in dem Satze: dass in aller Veränderung der körperlichen Welt die Quantität der Materie unverändert bleibt. Dieser Satz wird nicht nur mit Nothwendigkeit gedacht und ist daher seinem Ursprunge nach *a priori*, sondern enthält auch ein synthetisches Urtheil, da in dem blossen Begriffe der Materie nicht die Beharrlichkeit, sondern nur ihre Gegenwart im Raume gedacht wird und mithin durch das Prädicat der Beharrlichkeit etwas Neues *a priori* zu dem Begriffe der Materie hinzukommt. Auf der ursprünglichen Synthesis *a posteriori* und *a priori* beruht aber nicht blos alle Erweiterung unserer Erkenntniss, sondern in letzter Instanz auch das analytische Denken, welches der frühere Dogmatismus fälschlich für das Organon unserer Erkenntniss gehalten hat. Denn ein analytisches Denken würde überhaupt nicht stattfinden können, wenn der Analyse nicht ursprüngliche Synthesis vorhergegangen wäre. Soll die menschliche Erkenntniss daher erklärt und begründet werden, so muss die Möglichkeit oder der Ursprung dieser ursprünglichen Synthesen nachgewiesen werden. Dies hat bei den synthetischen Urtheilen *a posteriori* keine Schwierigkeit, da ihre Erwerbung auf der Erfahrung beruht, wohl aber müsse der Ursprung synthetischer Urtheile *a priori* erst dargelegt werden. Die Aufgabe der Kritik der Vernunft bestehe daher in der Beantwortung der Frage: wie synthetische Urtheile *a priori* möglich seien.

3. Soweit die Erkenntniss *a priori* nur in Analysen unserer Begriffe besteht, gründet sie sich auf den Grundsätzen und Formen der formalen Logik. Soweit sie aber auf ursprünglichen Synthesen *a priori* beruht, sei ihr Ursprung noch nicht erklärt. Der Sensualismus wollte die Erkenntniss *a priori* herleiten aus dem Eindrucke der Sinne, er konnte aber nicht den sinnlichen Eindruck nachweisen, wovon die Begriffe der Substantialität und der Causalität der Dinge abstrahirt seien. Aus dem Eindrucke der Gegenstände auf die Sinne können die Begriffe *a priori* aber überall nicht stammen, da sie insgesammt bei der Wahrnehmung eines Gegenstandes der Sinne schon vorausgesetzt und angewandt werden. Denn wenn wir einen farbigen, tönenden oder harten Gegenstand durch die Sinne wahrnehmen, so erkennen wir auch zugleich, dass derselbe an einem Orte, in einer Zeit, als ein Daseindes, als ein Wirkendes, als ein Ganzes u. s. w. existirt. Durch diese Begriffe wird aber gar kein besonderer Inhalt der sinnlichen Wahrnehmung gesetzt. Der Eindruck der Gegenstände auf die Sinne bewirkt nur die Wahrnehmung einer eigenthümlichen Beschaffenheit eines Tones, der Farbe u. s. w. Jene allgemeinen Bestimmungen aber, welche doch darin zugleich mit erkannt werden, sind nicht Inhalt der sinnlichen Wahrnehmung. Sie können auch nicht davon abstrahirt sein, da man sich ihrer nicht hinterher, sondern schon im Momente der Wahrnehmung bewusst ist. Denn schon vom Anfange an wird der sinnliche Inhalt an einem Orte, in der Zeit u. s. w. erkannt. Wenn der Sensualismus annimmt, dass jene Bestimmungen erst aus der Empfindung hervorgehen, so verfälscht er nur die Thatsache der menschlichen Erkenntniss. Aus der Gewohnheit und dem Mechanismus des Vorstellens können sie nicht erst hervorgehen, da sie in jeder Wahrnehmung schon mit erkannt werden. KANT geht hierbei offenbar von einer richtigen Beobachtung der Thatsache der menschlichen Erkenntniss aus, indess die sensualistische

Psychologie vor und nach ihm eine blosse Fiction zu Grunde legt, wenn sie annimmt, dass hinterher und aus der sinnlichen Wahrnehmung alle Begriffe entspringen.

4. Da die Bestimmungen, welche in der sinnlichen Wahrnehmung zugleich mit erkannt werden, nicht aus ihr entspringen, so muss es noch eine andere Quelle der Erkenntniss geben, als die Sinne. Diese Quelle heisst die Vernunft. Sie stammt nicht aus den Sinnen, sondern wird in der sinnlichen Wahrnehmung schon vorausgesetzt und angewandt. Aus der Vernunft stammt die Erkenntniss *a priori*. In dieser Annahme stimmt Kant mit den Rationalisten überein, unterscheidet sich aber von ihnen dadurch, dass er die Erkenntniss *a priori* nicht für angeboren, sondern für erworben hält, wie die Erkenntniss *a posteriori*. Diese wird erworben durch den Eindruck der Gegenstände auf die Sinne, jene aber von den Formen, wodurch die sinnlichen Eindrücke geordnet werden. Wir ordnen die Gegenstände nach einander, wenn wir sie in der Zeit vorstellen, neben- und aussereinander, wenn wir sie im Raume denken. Dasselbe ist der Fall, wenn wir etwas als Ursache und Wirkung, Substanz und Accidenz erkennen. Wären wir nicht durch die Natur unseres Erkenntnissvermögens genöthigt, die sinnlichen Eindrücke, die wir empfangen, zu ordnen, so würden wir, meint Kant, jene Begriffe überall nicht besitzen und die Dinge nicht nach solchen Bestimmungen, wie sie darin gedacht werden, erkennen. Wir würden dann weder von Raum und Zeit noch von Ursachen und Wirkungen sprechen. Dass die Objecte aber mit diesen Bestimmungen erkannt werden, die noch dazu *a priori* gelten, sei nur eine Folge der Formen unserer Erkenntniss. Könnten wir Alles auf einmal anschauen und wären unsere Anschauungen spontan, so würden wir überhaupt Raum und Zeit nicht kennen, wie wir gleichfalls die Kategorie der Causalität nicht kennen würden, wenn wir unmittelbar in jeder Wirkung auch ihre Ursachen und in jeder Ursache alle ihre Wirkungen anschauen könnten. Da unser Denken aber discursiv ist und wir daher genöthigt sind, um dadurch zu erkennen, von einer Bestimmung zur anderen überzugehen, und unsere Anschauungen receptiv sind, so werden wir durch diese Form unserer Erkenntniss auch genöthigt, jene apriorischen Begriffe zu bilden, die insgesammt nur Verbindungsarten der sinnlichen Eindrücke ausdrücken. Die Erkenntniss aber, welche aus diesen Formen der Verbindung entspringt, muss auch allgemein und nothwendig oder *a priori* sein, weil diese Formen bei allen Menschen dieselben sind, wie verschiedene Erfahrungen sie auch machen, und sie jedem Sinneseindrucke schon zu Grunde liegen, denn sowie ein Eindruck auf die Sinne stattfindet, werde er auch sogleich geordnet. Zeitlich geht die eine Erkenntniss der andern nicht vorher, sondern sind beide zumal, weil sie aber einen verschiedenen Ursprung haben, ist die eine *a priori* und die andere *a posteriori*. Was in unserer Erkenntniss auf den Eindrücken beruht, welche die Sinne empfangen, wird *a posteriori* erkannt, was aber auf den Formen der Verbindung der sinnlichen Eindrücke sich gründet, wird *a priori* erkannt. Diese Theorie Kant's über die Erkenntniss *a priori* stützt sich also einerseits darauf, dass mit der sinnlichen Wahrnehmung zugleich etwas erkannt werde, das doch nicht Inhalt dieser Wahrnehmung ist, und andererseits darauf, dass alle Begriffe *a priori*

nur Formen der Verbindung ausdrücken, welche zugleich nichts anderes sind, als Gesetze unserer intuitiven und intellectuellen Erkenntniss.

5. Nimmt man Begriffe *a priori* an, so wird man auch das System derselben aufstellen und ableiten müssen. Der Rationalismus vor KANT war sich dieser Aufgabe wohl bewusst, aber weder LEIBNIZ noch DESCARTES haben sie gelöst, da sie über den Ursprung der Begriffe nichts weiter anzugeben wussten, als dass sie uns angeboren seien. Haben sie ihren Ursprung aber in den Formen der intuitiven und intellectuellen Erkenntniss, so wird auch das System der Begriffe *a priori* aus den verschiedenen Formen der Erkenntniss zu gewinnen sein. Ein solches System hat nun KANT zuerst aufgestellt, indem er zeigt, wie aus den verschiedenen Formen der Erkenntniss auch verschiedene Begriffe *a priori* entspringen. Durch die Form der sinnlichen Erkenntniss sollen die reinen Anschauungen *a priori* vom Raume und der Zeit gegeben sein, welche der Mathematik zu Grunde liegen, und zwar die Anschauung des Raumes der Geometrie und der Zeit der Arithmetik, da alles Zählen nur ein successives Zusammenfassen von Einheiten ist, welches durch das Schema der Zeit bedingt ist. Die Form unserer sinnlichen Anschauung aber ist die Receptivität. Weil alle unsere Anschauungen receptiv sind, können wir deshalb auch nur einen Eindruck nach dem anderen percipiren und setzen alle Anschauungen einen solchen Eindruck voraus und werde daher Alles *a priori* in der Zeit und im Raume angeschauet. Wie aus den Formen des Anschauens, so entspringen auch aus den Formen des Denkens Begriffe, welche sich *a priori* auf die Gegenstände der Erfahrung beziehen. Dahin gehören die Begriffe von der Substantialität und Causalität aller Erscheinungen, die KANT Kategorien nennt, und woraus die Grundsätze oder synthetischen Urtheile *a priori* der allgemeinen Naturwissenschaft, dass Alles, was geschieht, eine Ursache hat, dass bei allem Wechsel der Erscheinung die Substanz beharrt, dass alle Anschauungen extensive Grössen sind und das Reale der Empfindung eine intensive Grösse hat, sich ergeben. Diese apriorischen Naturbegriffe drücken aber nichts anderes aus, als Formen, in denen der Verstand genöthigt ist, die gegebenen Erscheinungen zu beurtheilen. Die allgemeinsten Naturgesetze seien daher nur Formen unseres Denkens. In den Erscheinungen setzen wir ein Beharrliches voraus, das sich nicht verändert, weil unser Verstand urtheilend jeden Begriff als Prädicat eines Subjects denkt. Diese Urtheilsform wird auf das Mannigfaltige der Anschauungen angewandt, das logische Verhältniss selbst wird auf die Erscheinungen übertragen und giebt das Verhältniss der bleibenden Substanz und der veränderlichen Erscheinungen. Ebenso stellen die immanenten Naturzwecke der organischen Wesen und die subjective Zweckmässigkeit des Schönen nur Formen unseres Denkens dar. Wir fassen die gegebenen Naturerscheinungen so als Substanzen, Ursachen, Zwecke auf, weil wir genöthigt sind in den Formen der subsumirenden und reflectirenden Urtheilskraft das gegebene Mannigfaltige unserer Anschauungen zu denken. Wie die Formen des Urtheils, so nöthigen uns aber auch die Formen des Schlusses Begriffe *a priori* zu bilden, die KANT Ideen nennt, weil durch sie ein Unbedingtes gedacht wird. Aus den verschiedenen Formen der Schlüsse entspringen die Ideen von einem absoluten Subjecte,

einer unbedingten ersten Ursache und eines vollkommenen Ganzen, welche zu aller Erfahrung, worin sich nichts ihnen Angemessenes findet, doch immer hinzugedacht werden, da wir alles empirisch Gegebene nur in den Formen der Schlüsse systematisch erkennen können, jene Ideen aber nur diese Formen ausdrücken. Die apriorischen Begriffe der Mathematik und der gesammten theoretischen Philosophie stellen demnach nur Formen unserer intuitiven und intellectuellen Erkenntnisskraft, des urtheilenden Verstandes und der schliessenden und Alles begründenden Vernunft dar. Nur die ethischen Begriffe *a priori*, der Pflicht, der Tugend und des höchsten Gutes entspringen nicht aus den Formen des Erkennens, sondern aus den Formen des freien und autonomen Willens.

6. Aus der Lehre über den Ursprung unserer Begriffe gewinnt Kant endlich auch eine Folgerung über ihre Realität. Seine Forschungen führen ihn zu der Ueberzeugung, dass der Mensch nicht das Wesen, sondern nur die Erscheinungen der Dinge an sich, deren Existenz er voraussetzen muss, erkennen kann. Weder die Empirie, noch die apriorischen Begriffe eröffnen uns einen Weg, auf dem wir zu einer Erkenntniss vom Wesen der Dinge an sich gelangen könnten. Den Inhalt der empirischen Vorstellungen bilden die Affectionen der Sinne, welche nur ein Verhältniss der Dinge zu unseren Sinnen darstellen und deshalb nicht erkennen, was die Dinge an sich sind. Aber auch die apriorischen Begriffe geben davon keine Erkenntniss. Denn da sie nur die Formen des Denkens in ihrer Anwendung auf das Mannigfaltige der Anschauungen zum Inhalt haben, so werde durch sie auch nur ein Verhältniss der Dinge zu diesen Formen, aber nicht erkannt, was sie an sich sind. Erkennen wir einen causalen Zusammenhang, so wird darin nur ein Verhältniss gedacht des Inhaltes unserer Anschauungen zu einer Urtheilsform. Nur das Verhältniss der Dinge zu unseren Sinnen und zu den Formen des Anschauens und Denkens, d. h. nur Erscheinungen, vermögen wir zu erkennen. Wie die Dinge in den sinnlichen Anschauungen und in unseren Begriffen sich darstellen, vermögen wir wohl zu erkennen, was sie aber unabhängig davon sind, können wir nicht erkennen, da alle unsere Erkenntnisse durch die Receptivität unserer Sinne und die Formen unseres Denkens bedingt sind. Die Einrichtungen unseres Erkenntnissvermögens hindern uns mehr als blosse Erscheinungen zu erkennen. Wenn wir von diesen Einrichtungen absehen, so vermögen wir nichts Positives mehr von den Dingen anzugeben ausser ihrer Existenz. Denn dass es Dinge an sich, unabhängig von unserer Erkenntniss, giebt, müssen wir doch voraussetzen, weil ohne Dinge, die einen Eindruck auf die Sinne machen, auch keine Anschauung und Vorstellung und keine Erscheinung, ohne etwas, das erscheint, möglich ist. Nur die sittlichen Begriffe bilden auch hier eine Ausnahme. Denn sie stellen nicht blos Formen der menschlichen Erkenntniss dar, sondern die Gesetze des freien und autonomen Willens und enthalten daher eine Wahrheit, die unabhängig von der menschlichen Erkenntniss Gültigkeit hat. Sie sind absolut wahr, während alle übrigen Begriffe, da sie nur Affectionen der Sinne oder Formen der menschlichen Erkenntniss zum Inhalte haben, unabhängig von der menschlichen Erkenntniss auch keine Gültigkeit und Bedeutung haben. Denn nur das ist absolut wahr, was unabhängig von unseren Vorstellungen existirt, was aber davon ab-

hängt, hat nur die Wahrheit der Phänomene, wozu aber Alles gehört, was, mit Ausnahme der Ethik, die Empirie, die Mathematik, die Naturwissenschaft und die Metaphysik erkennen.

7. Kant's Lehren enden fast überall mit einem Dualismus. Er führt die Erkenntniss auf den sinnlichen Eindruck und daneben auf die Formen des Denkens zurück, er nimmt Dinge an sich an, welche ihrem Wesen nach unerkennbar sind, und daneben ein Subject, das nur Phänomene erkennt; er stellt der theoretischen Vernunft, welche durch das Wesen ihres Erkenntnissvermögens beschränkt ist, die praktische entgegen, welche dem Menschen allein die Ueberzeugung absoluter Wahrheiten gewähren soll. In diesem Dualismus besteht der Fortschritt und der Mangel der Kant'schen Philosophie. Den extremen Ansichten des früheren Empirismus und Rationalismus gegenüber enthält sie einen Fortschritt, indem sie durch Kritik das Einseitige und Irrthümliche dieser Ansichten beseitigt und das Wahre was sie enthalten mit einander verbindet. Allein die Kritik führt doch nicht bis zur Einheit. Sie bleibt nicht nur bei der Dualität stehen, sondern verwickelt sich auch in Widersprüche, die sie von ihrem Standpunkte nicht mehr lösen kann. Der Scheidungsprocess der Kritik bringt zuletzt Widersprüche hervor. Indem sie allen Zusammenhang des Denkens mit der Wirklichkeit, den Dingen an sich, aufhebt, wird in Kant's Lehre Alles unbegreiflich; die Entstehung der Empfindung durch die Einwirkung der Dinge auf die Sinne, die Anwendung der Formen des Denkens zu ihrer Erkenntniss, das handelnde Leben ohne Erkenntniss der Wahrheit. Denn wenn die Empfindungen durch die Dinge bewirkt werden, müssten sie sich uns darin auch offenbaren, während sie sich uns dadurch doch nur verhüllen sollen; wenn wir nur in den Formen unseres Denkens erkennen können, müssen sie auch mit den dadurch erkannten Dingen übereinstimmen, was doch nicht der Fall sein soll; und wenn wir ein handelndes Leben führen sollen, müssen wir der Wahrheit unserer Erkenntnisse gewiss sein, da ohne dies unsere Entschlüsse wanken, und können wir nicht im Ungewissen herumtappen. Eine negative Lehre, wie die Kant's, giebt aber keine Gewissheit. Die Lösung dieser Widersprüche in Kant's Lehren ist jedoch der vorzüglichste Beweggrund zur Fortentwickelung der deutschen Philosophie geworden. Kant wollte die hin und her schwankende Bewegung des philosophischen Gedankens durch seinen Kriticismus zum Abschluss bringen, er bewirkte dadurch aber, dass das Problem der Philosophie von Neuem aufgefasst und verschiedene Lösungen desselben gewonnen wurden. Statt einen Abschluss in der Bewegung der Philosophie zu gewinnen, hat seine Lehre vorzüglich eine Fortbildung der Philosophie hervorgebracht.

§. 49. Die speculative Methode zur Construction des Wirklichen aus seinem Begriffe von Fichte, Schelling und Hegel.

1. Die methodologischen Ansichten Fichte's, Schelling's und Hegel's [1] stimmen im Ganzen mit einander überein, weshalb wir sie hier zusammen dar-

[1] Johann Gottlieb Fichte's sämmtliche Werke. Berlin 1845 ff. — Fr. W. J. Schelling. System des transcendentalen Idealismus. Tübingen 1800. Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie. Jena und Leipzig 1799. Sämmtliche Werke. Stuttgart und Augsburg 1856 ff. Georg Wilhelm Friedrich Hegel's Werke. Berlin 1832 ff.

stellen werden. Sie gebrauchen dieselbe Methode des Erkennens, welche FICHTE zuerst aufstellte, SCHELLING von ihm annahm und HEGEL am vollständigsten durchführte. Sie haben das speculative Verfahren, welches CARTESIUS zuerst von der Mathematik entlehnte, nicht nur weiter ausgebildet, sondern diese Methode zugleich als das Verfahren betrachtet, wodurch auch die empirischen Wissenschaften ausgebildet werden müssten. Die Speculation soll zugleich eine Construction des Wirklichen aus Begriffen sein. Auch die Thatsachen der Natur und der Geschichte sollen speculativ aus Begriffen erkannt werden. Indem FICHTE, SCHELLING und HEGEL der speculativen Methode diese Aufgabe bestimmen, wird dadurch zugleich der Begriff sowohl der empirischen als der philosophischen Wissenschaft verändert. Die empirischen Wissenschaften sehen sie nur als eine Sammlung von allerlei Thatsachen, Vermuthungen und willkührlichen Meinungen an, welche erst durch die Anwendung der speculativen Methode wirklich Wissenschaften werden. An die Stelle der Erfahrungswissenschaft soll die Construction der Thatsachen aus Begriffen treten. Aber auch der Begriff der Philosophie wird hiermit verändert. Aus einer blos begrifflichen wird sie zugleich eine geschichtliche Wissenschaft. Denn da die Speculation zugleich Construction des Wirklichen ist, so muss die Philosophie, indem sie die Begriffe der Dinge erkennt, auch zugleich daraus ihre Geschichte ableiten. Deshalb bekommt die Philosophie hier die Aufgabe, die Geschichte der Universums, der Natur und des Geistes darzustellen. Die Meinung dieser Denker geht also dahin, dass es nur Eine Wissenschaft giebt, welche zugleich und mit derselben Methode die Aufgaben der empirischen und der philosophischen Wissenschaften löst. Die Speculation als Construction des Wirklichen aus seinem Begriffe ist zugleich Empirie und Philosophie, sie erkennt zugleich das Ideale und das Reale, die ewigen Begriffe der Dinge und ihre Geschichte.

2. FICHTE hat vorherrschend auf dem Gebiete der ethischen Philosophie, SCHELLING zuerst in der Naturphilosophie und HEGEL auch in der Logik eine Construction des Wirklichen aus Begriffen ausgeführt. Diese drei Theile der Philosophie haben sie auch als die Fundamente des Ganzen angesehen. Als einen ethischen, physischen oder logischen Process suchen sie die Thatsachen aus Begriffen zu construiren. Unter den Schülern SCHELLING's verdient hier noch eine namentliche Erwähnung OKEN, der der kenntnissreichste und neben SCHELLING der genialste der Naturphilosophen ist. Seine Ansichten haben auch durch die grosse Anzahl seiner naturphilosophischen Schriften und die mehrmalige Auflage seiner Naturphilosophie eine grössere Verbreitung gefunden. Er hat aber nur ausschliesslich mit der Naturphilosophie sich beschäftigt, indess SCHELLING sie nur als ein Fundament seines Systemes ansah, das zugleich eine Construction auch der geistigen und sittlichen Welt umfasste. Am meisten im Einzelnen durchgeführt, haben die Construction des Wirklichen aus Begriffen HEGEL und OKEN, dieser in der Naturphilosophie und jener in der Geschichtsphilosophie, während FICHTE und SCHELLING dafür die ersten Entwürfe gegeben haben. SCHELLING hat aber auch in der letzten Phase seiner Entwickelung, wo er fast ausschliesslich mit der Philosophie der Mythologie und der Offenbarung sich beschäftigte, keine andere Methode als die Construction des Wirklichen aus

Begriffen angewandt. Sie vertritt auch hier die Stelle der Erfahrungswissenschaft.

3. Wenn nun gegenwärtig an die Stelle einer überschwänglichen Begeisterung für diese Philosophie und Methode, die sie bei ihrem Entstehen begleitete, eine ärgerliche Verstimmung getreten ist, so scheint es, dass weder dies, noch jenes zu einer richtigen Beurtheilung derselben dient. Die Zeit ist freilich längst vorbei, wo, wie Muncke angiebt, deutsche Physiker erst durch nachtheilige Aeusserungen der Ausländer über die naturphilosophischen Constructionen Muth bekamen „sich offen und dreist gegen diese Art der Naturphilosophie zu erklären“, vielmehr fehlts gegenwärtig an diesem Muth nirgends. Indess der Zeitpunkt scheint auch noch nicht da zu sein, wo ohne leidenschaftliche Erregung jene Philosophie als ein geschichtliches Factum erkannt und gewürdigt wird, wozu das erste Erforderniss ist, dass man sich auch damit bekannt macht. Die Werke dieser Philosophen sind überdies in dem deutschen Leben eine Macht geworden, gegen deren ungebührliche Herrschaft man Protest erheben mag, die man aber durch ein blosses Protestiren nicht beseitigen kann. Auch gegenwärtig noch ist ihre Herrschaft von nicht geringer Ausdehnung, wenn gleich Einige es sich wieder abgewöhnt haben, dialektisch zu denken, und Andere die scharfen Kanten dieser Methode abschleifen. Selbst wenn man von dem überaus grossen und nicht blos nachtheiligen Einflusse absieht, welchen die Schelling'sche Naturphilosophie auf die psychologischen und moralischen Wissenschaften ausgeübt hat, auch ihr Einfluss auf die empirische Naturforschung ist nicht gering zu achten. Er ist nicht blos schädlich gewesen, sondern auch förderlich und nützlich. Die deutsche Naturphilosophie hat uns gelehrt die Natur als ein grosses Ganze im durchgängigen Zusammenhange aufzufassen und noch da Problem des Denkens anzuerkennen, wo nach der Meinung anderer Völker nur eine Auctorität ausser der Wissenschaft zu entscheiden hat. Auch den wissenschaftlichen Sinn und Trieb hat sie bei vielen deutschen Naturforschern genährt und gestärkt. Die Methode des Denkens, welche Schelling, Fichte und Hegel geltend gemacht haben, erstrebt überdies die letzte Vollendung der Wissenschaft, wo Erfahrung und Speculation, das Reale und das Ideale völlig mit einander coincidiren; einem solchen Streben aber wird nur da alle Anerkennung versagt, wo der wissenschaftliche Sinn gänzlich erschlafft ist.

4. Die deutsche Philosophie hat seit Fichte die speculative Methode zuerst dadurch weiter ausgebildet, dass sie von ihrer mathematischen Fassung, in der sie von Cartesius allgemein empfohlen und von seinen Anhängern angewandt worden war, abstrahirte und sie nach den Forderungen, die in ihrem Wesen liegen, erkannte. In der Mathematik geht sie von einer Vielheit von Axiomen und Grundbegriffen aus, wie gleichfalls Spinoza und Andere thaten, welche diese Methode anwandten. Statt dessen forderte zuerst Fichte eine Deduction aus Einem obersten Principe. Soll es ein speculatives Verfahren geben, so müsse eine Deduction aus Einem obersten Begriffe möglich sein, wodurch allein durchgängiger Zusammenhang in dem menschlichen Wissen entstehe. Dieser höchste Begriff, das Princip der Deduction werde gefunden durch die Abstraction von allem Gegebenen im Bewusstsein. Nach Fichte ist dies der Begriff des Ichs,

welcher nachbleibt, wenn wir von allem Besondern im Bewusstsein abstrahiren, denn dass ich bin, davon kann ich nicht abstrahiren. SCHELLING nennt diesen Begriff die absolute Indifferenz oder Identität des Subjects und Objects, indem er will, dass auch noch davon abstrahirt werde, dass gerade ich es bin, der denkt. Dies sei das Absolute, welches in einer objectiven und subjectiven Welt, in der Natur und dem Geiste sich offenbart. Nach HEGEL bildet der Begriff des Sein den Anfang von Allem, woraus die ganze Mannigfaltigkeit der Natur und des Geistes sich soll entdecken lassen. OKEN nennt den principiellen Begriff des Ganzen das Zero. Wie aus dem Nichts Alles entstanden ist, so bilde auch das Zero das Grundprincip der Mathematik, welche für alle Wissenschaften die Norm enthalte. Uebereinstimmend in der Forderung und der Möglichkeit einer Deduction aus einem obersten Principe, sowie in der Ueberzeugung, dass dies Princip durch die Abstraction von allem Gegebenen und Besonderen gefunden werde, haben FICHTE, HEGEL, SCHELLING und OKEN doch verschiedene Begriffe zum obersten Principe der Speculation erhoben. In der Anwendung ihrer methodologischen Regeln weichen sie von einander ab, wobei das besondere Interesse der Denkens und das besondere Erfahrungsgebiet, auf welchem die Abstraction von allem Gegebenen beginnt, von Einfluss gewesen ist.

5. Für die Ableitung des Mannigfaltigen aus der höchsten Einheit hatte die Speculation früher blos die Gültigkeit des Grundsatzes des Widerspruches vorausgesetzt. FICHTE, SCHELLING und HEGEL halten dies nicht für genügend, da aus einem Begriffe blos nach dem Grundsatze des Widerspruches sich nichts ableiten lasse, und bestreiten deshalb überhaupt die Gültigkeit dieses Grundsatzes für das höhere speculative Denken. Die Speculation fordere ein Gesetz, wodurch der nothwendige Fortschritt von einem Begriffe zum anderen bestimmt werde. Dies Gesetz ist nach HEGEL die Dialektik des Gedankens, wonach jeder Begriff nicht blos er selbst, sondern auch sein Gegentheil ist, mit dem er sich zu einer höheren Einheit verbindet. In der Naturphilosophie ist es unter dem Namen der Polarität bekannt, allgemein aber heisst es das Gesetz der realen Entgegensetzung. Auf die allgemeine Bedeutung desselben hat zuerst hingewiesen KANT in seiner Schrift: Versuch den Begriff der negativen Grössen in die Weltweisheit einzuführen. Er zeigte, dass die Art der Entgegensetzung, welche in der negativen Grösse liegt, die eine gleiche positive aufhebt, nicht blos in der Mathematik, sondern fast auf allen Gebieten der Erkenntniss sich finde, und wie sich die reale Entgegensetzung von der blos idealen des Widerspruches unterscheide. In der realen Entgegensetzung sind beide Glieder des Gegensatzes, wovon das eine aufhebt, was durch das andere gesetzt ist, an sich etwas Positives, während im Widerspruch das eine Glied eine blosse Verneinung ist. Reichthum und Armuth, als Bestimmungen eines Subjectes gedacht, heben sich durch einen Widerspruch auf, Schulden und Capitalien aber durch reale Entgegensetzung. Eine allgemeine Anwendung von diesem Gesetze hat zuerst HERDER in seinen Ideen zu einer Philosophie der Geschichte gegeben. Bei ihm bildet die Polarität des Magnetes das Schema für die Durchführung dieses Gesetzes, nach welchem überall die Einheit in dem Entgegengesetzten und der Gegensatz nur in einer höheren Einheit sich darstellen soll. KANT's Versuch und HERDER's Ausführung

bilden die Vorarbeiten für die umfassende Anwendung, welche das Gesetz der realen Entgegensetzung bei Fichte und Schelling, Hegel und Oken gefunden hat. Sie gründen darauf, wie bemerkt, die Möglichkeit eines speculativen Verfahrens, wodurch aus einem Begriffe mit Nothwendigkeit ein anderer sich entwickeln soll. Dafür scheint nun dieses Gesetz zu genügen. Denn wenn angenommen wird, dass jeder Begriff das reale Gegentheil eines anderen ist, wie die negative Grösse das Entgegengesetzte einer positiven, so muss auch, wenn der eine Begriff gedacht wird, sein reales Gegentheil gedacht werden, wie mit der positiven auch die negative Elektricität gesetzt ist. Solche real entgegengesetzte Begriffe müssen aber auch ferner sich mit einander ausgleichen und zu einer Einheit verbinden, wie die Basis mit der Säure im Salze sich verbindet, sodass ein nothwendiger Fortschritt stattfindet von einem Begriffe zu seinem realen Gegentheile und zu ihrer Aufhebung und Verbindung in einer höheren Einheit. Durch die Anwendung dieses Gesetzes oder durch ein Denken nach diesem Gesetze scheint daher die Möglichkeit einer deductiven Methode, Alles von einem obersten Begriff abzuleiten, gewonnen zu sein. Eine solche Deduction unter der Voraussetzung der absoluten Gültigkeit jenes Gesetzes für unser wissenschaftliches Denken haben Fichte und Schelling, Hegel und Oken in ihren Systemen ausgeführt.

6. Bis dahin hatte man bei den Reformbestrebungen in der Methodenlehre der Wissenschaften seit Bacon die allgemeine Gültigkeit der logischen Grundsätze der Identität und des Widerspruches für das Denken anerkannt. Erst die speculative Philosophie seit Fichte bestreitet dieselbe. Nur für das niedere Denken der Empirie und der Praxis, nicht aber für das höhere der Speculation anerkannt sei die Gültigkeit dieser Grundsätze. Hier substituirt sie für den Grundsatz des Widerspruches das Gesetz der realen Entgegensetzung, wonach jeder Gedanke auch sein eignes Gegentheil ist, womit er sich zu einer höheren Einheit verbindet. Diese realen Gegensätze werden von den speculativen Philosophen auch Widersprüche genannt, doch sind sie es nicht im Sinne der allgemeinen und formalen Logik. Die Widersprüche, welche nach der Dialektik Hegel's in allen Begriffen enthalten sein sollen, sind doch nur reale Gegentheile, sodass die Bestreitung der Gültigkeit des Grundsatzes des Widerspruches für das speculative Denken mehr scheinbar als wirklich ist. Aber dem Gesetze der realen Opposition, das an sich nur in dem Begriffe der negativen Grössen und in den bekannten Polaritäten unserer physikalischen und chemischen Erfahrung Anwendung findet, schreibt sie eine allgemeine Gültigkeit zu und überträgt es auf alle Begriffe. Alle Unterschiede und Verschiedenheiten der Dinge, mögen sie blos verneinend oder positiv, numerisch, graduell oder specifisch sein, werden als reale Gegensätze behandelt und alle Verbindungen, jede Uebereinstimmung und jeglicher Zusammenhang, wie verschieden die Wissenschaften auch sonst darüber nach der Natur der Dinge urtheilen mögen, wird als eine Aufhebung realer Gegentheile zur Einheit angesehen. Ein an sich besonderes Gesetz des mathematischen Denkens, der physikalischen und chemischen Erfahrung soll das allgemeine Gesetz des Denkens sein, welches die Gültigkeit der logischen Grundsätze suspendirt und den nothwendigen Fortschritt in der Entwickelung der Be-

griffe bestimmt. Die speculative Methode der Neueren verfährt hier nach einer Analogie, deren Gültigkeit sie indess nicht nachgewiesen hat.

7. Wenn nun durch die Abstraction von allem Gegebenen der Anfang, durch das Gesetz der realen Entgegensetzung aber der nothwendige Fortschritt von einem Begriff zum anderen erreicht wird, so gehört zur Bestimmung des Wesens der speculativen Methode auch noch, wie sie eine Vielheit von Begriffen systematisch gewinnt. Dazu soll der Schematismus des Verfahrens dienen. Eine Vielheit von Begriffen wird sonst entweder inductiv gefunden, wo sie durch eine Mannigfaltigkeit von Anschauungen und Wahrnehmungen vermittelt ist, oder deductiv durch die Eintheilung, Classification, Specification der Begriffe, wofür die allgemeine Logik die Regel giebt, dass jeder Begriff nach der Beschaffenheit seines Inhaltes eingetheilt werden muss. Die Schelling'sche Naturphilosophie und die Hegel'sche Logik befolgten hierbei aber eine andere Regel, nämlich die Regel, dass alle Begriffe nach demselben Eintheilungsgrunde in eine gleiche Anzahl Glieder eingetheilt werden und zwar alle Eintheilungen dreigliedrig sein sollen. In dieser Regel besteht der Schematismus der speculativen Methode. Das dreigliedrige Schema soll der Entwickelung der Dinge und ihrer Begriffe zu Grunde liegen. Begründet sei dasselbe in dem dem Denken immanenten Gesetze der realen Entgegensetzung, wonach aus den beiden Gliedern des Gegensatzes stets als Drittes ihre höhere Einheit hervorgeht. Durch das Gesetz des Denkens soll auch der Stoff derselben gegeben sein. In der That aber entsteht die Vielheit der Begriffe hier nur aus der endlosen Wiederholung des dreigliedrigen Schemas in dem aus der Erfahrung entnommenen Stoffe. Die speculative Methode, welche mit der Abstraction von allem Gegebenen beginnt, aber dem Schematismus verfällt, sieht sich genöthigt, das Gegebene der Erfahrung aufzunehmen, um ihr Gesetz des Denkens, das dreigliedrige Schema durchzuführen, da darin keine Inhaltsbestimmung des Verschiedenen begründet ist. Allein endlos soll doch die Wiederholung des dreigliedrigen Schemas nicht sein, sondern das System der Begriffe soll auch in sich selbst ein abgeschlossenes Ganze sein. Erreicht werde diese absolute Vollständigkeit dadurch, dass durch die Reihe der Begriffe die Entwickelung am Ende auf ihren Anfang, den obersten Begriff wieder zurückführt. Das oberste Princip der Deduction ist auch ihr Endziel, zu dem sie wieder zurückkehrt. Ist wie bei Fichte der Begriff des Ichs das oberste Princip der Deduction, so kehrt sie auch dahin wieder zurück, denn die ganze Entwickelung sei in dem Selbstbewusstsein des Ichs eingeschlossen und könne dasselbe nicht überschreiten. Nach Schelling und Hegel geht aber Alles vom Absoluten aus und kehrt auch dahin wieder zurück. Mit diesem Zurückkehren der Deduction in ihren Anfang soll jedoch nur ausgedrückt werden, dass das, was in dem obersten Principe anfänglich nur der Möglichkeit nach als ein noch Unentfaltetes und Verborgenes gedacht wird, in dem ganzen Systeme der Begriffe vollständig sich verwirklicht, entfaltet und offenbaret, sodass Princip und System sich gegenseitig erklären und beweisen.

8. Soweit wir die speculative Methode bisher betrachtet haben, bezieht sie sich nur auf ein Erkennen blos in Begriffen. Das in Begriffen Gedachte und Erkannte ist aber noch nicht die empirische Wirklichkeit. Schelling, Fichte

und HEGEL haben aber die speculative Methode zugleich auch als eine Methode zur Construction der empirischen Wirklichkeit ausgebildet und angewandt, welche die Stelle der inductiven und empirischen Wissenschaften vertreten soll. An die Stelle der Erfahrungswissenschaft tritt die Construction des Wirklichen aus seinem Begriffe. Diese bildet den zweiten Theil der speculativen Philosophie, den SCHELLING bei dem Abschlusse seiner Lehre die positive Philosophie nennt. Während nämlich die negative Philosophie eine rein rationale ist, die es nur mit den Begriffen der Dinge, abgesehen von ihrer Existenz, zu thun hat, soll die positive Philosophie die Existenz der Dinge aus Begriffen erkennen. Sie ist wesentlich Construction oder Philosophie der Geschichte. Eine solche positive Philosophie findet sich aber nicht weniger bei HEGEL und FICHTE, als in der ursprünglichen Naturphilosophie SCHELLING's, wo namentlich OKEN mit dieser Aufgabe sich beschäftigt hat. SCHELLING hat später nur mehr von einander gesondert, was früher in einander floss: die Aufgabe der Speculation für sich und die Construction des Wirklichen aus Begriffen. An sich erstreckt sich die Speculation nicht auf die geschichtliche Wirklichkeit der Dinge, welche vielmehr empirisch erkannt wird. Wie aber der englische Empirismus meinte, die Aufgaben der Speculation durch die Induction lösen zu können, so hat die deutsche Philosophie seit FICHTE geglaubt, dass die empirisch erkennbare Wirklichkeit der Dinge auf dem Wege der Speculation aus Begriffen sich construiren lasse. Diese Construction des Thatsächlichen aus Begriffen beruht aber auf gewissen Annahmen über die Wirklichkeit der Dinge und die Uebereinstimmung des Denkens mit dem Sein. Sie geht davon aus, dass ein Parallelismus stattfinde zwischen der Reihenfolge der Begriffe im Denken und der Entwickelung der Dinge. Die Dinge entwickeln sich, wie sich ihr Begriff im Denken bildet. Sie sollen daher so nach einander in der Entwickelung, in der Geschichte der Natur und des Geistes hervortreten, wie die Momente ihres Begriffes im Denken sich erzeugen. Das Endziel der Entwickelung sei der vollständige Begriff der Sache, die Stufen der Entwickelung aber die einzelnen Momente des Begriffes, die, wie ihre logische Ordnung es fordert, nach einander Wirklichkeit erlangen. Die Wirklichkeit sei daher nur die Metamorphose des Begriffes. Man geht daher von der Voraussetzung aus, dass existirt, was die Vernunft nothwendig denkt, und dass es so existirt, wie die logische Ordnung der Begriffe es gebietet. In dieser Annahme der sogenannten absoluten Identität des Denkens mit dem Sein liegt auch die Erklärung von der Wirklichkeit der Dinge, worauf die Construction der Thatsachen aus Begriffen sich gründet. An sich erkennen wir durch Begriffe nur das Wesen, nicht aber die Existenz der Dinge. Soll diese erkannt werden, muss zu den Begriffen die Anschauung der Sache hinzukommen. Auch die Construction nimmt an, dass zu den Begriffen, wenn das Wirkliche erkannt werden soll, noch etwas hinzukommen müsse. Die Wirklichkeit der Dinge aber, meint sie, bestehe blos in der Exemplification ihrer Begriffe. Die Thatsachen der Natur und der Geschichte seien nur Exemplificationen von Vernunftwahrheiten, das gesammte Universum nur die Exemplification der Vernunft. Es komme also in der Construction zu den Begriffen nur ihre Exemplification hinzu. Auf diesen beiden Annahmen über die Wirklichkeit der Dinge und die Uebereine-

stimmung des Denkens mit dem Sein beruht die Möglichkeit einer Construction des Thatsächlichen aus Begriffen. Sie selbst besteht nur in dem Nachweis, dass in allen Thatsachen eine theilweise oder eine vollständige Exemplification von Begriffen enthalten ist. Die Begriffe erzeugt die Speculation, die Construction aber zeigt, wie die Thatsachen sie exemplificiren. Die Thatsachen der Natur werden construirt, indem z. B. Oken zeigt, dass der Begriff des animalen Wesens vollständig exemplificirt enthalten ist im Menschen, Momente desselben aber, einzelne Systeme und Organe in den verschiedenen Thierklassen. Da nun die Entwickelung der Dinge gleich ist der Reihenfolge ihrer Begriffe und seiner Momente, der vollständige Begriff aber das Endziel der Entwickelung, ihre Stufen aber seine Momente verwirklichen, so treten auch, bevor der Begriff des animalen Wesens adäquat im Menschen sich darstellt, vorher die einzelnen Momente derselben, wie ihre logische Ordnung es fordert, in der Thierreihe hervor. Oken zeigt dann, welche einzelnen Systeme und Organe und in welcher nothwendigen Reihenfolge sie in der Thierreihe hervortreten. Ebenso construirt Hegel die Geschichte. Der Begriff des Staates findet sich nach ihm vollständig exemplificirt erst in der christlichen Monarchie, wo Alle frei sind, während Momente dieses Begriffes in der orientalischen Despotie, wo nur Einer frei ist, und in den antiken Republiken, wo Viele frei sind, zur Anschauung kommen. Kennt man daher den Begriff einer Sache und besteht ihre Wirklichkeit nur in seiner Metamorphose und Exemplification, so weiss man auch nach der Construction *a priori*, dass am Ende der Entwickelung der Begriff sich vollständig, in ihren Stufen aber seine Momente nach ihrer logischen Ordnung sich realisiren, und die Construction des Thatsächlichen scheint die empirische Wissenschaft zu ersetzen.

9. Dass aber in der That die Construction des Thatsächlichen, deren Ausführbarkeit wir nicht in Zweifel ziehen, nicht die empirische Wissenschaft ersetzen kann, ist augenscheinlich, da sie überall nicht die Wirklichkeit, womit die Erfahrung es zu thun hat, erkennt. Denn was sie erkennt, die Metamorphose und Exemplification der Begriffe, ist wohl ein Bestandtheil des Wirklichen, hat aber für sich gar keine Existenz. Denn es ist das nur etwas, das in dem Wirklichen existirt, nicht aber das Wirkliche. Das Wirkliche ist nicht blos eine Exemplification, sondern eine Specification des Allgemeinen, und es ist nicht blos eine Metamorphose der Begriffe, sondern lebendig und thätig. Die Construction muss selbst einräumen, dass die Wirklichkeit nicht blos eine Metamorphose und Exemplification von Begriffen ist, da es factisch auch Abweichungen giebt von der nothwendigen Reihenfolge der Begriffe, die doch allein existiren soll. Hegel führt dies auf die Ohnmacht der Natur zurück, welche ihren Begriff nicht festzuhalten vermöge, und Schelling nimmt deshalb einen Abfall der Ideen von Gott an, bewirkt durch die Willkühr der Kreatur, woraus er diese Abweichungen erklären will. Allein, wenn in den Dingen eine Ohnmacht ist ihren Begriff festzuhalten und sie ihn daher auch nicht exemplificiren und wenn wie Schelling meint, sie nothwendig und unvermeidlich von ihrer Idee abfallen, dies aber doch ihre eigene That ist, so ist es offenbar, dass das Real nicht blos die Metamorphose und Exemplification des Idealen ist, und die Con

struction, da sie nur das letztere erkennt, gar nicht bis zu der Wirklichkeit gelangt, welche empirisch vorliegt. Die empirisch erkennbare Realität aber, welche mit der nothwendigen Reihenfolge der Begriffe übereinstimmen oder davon abweichen kann, blos für einen Abfall von den Ideen, für eine Ohnmacht der Natur zu erklären, scheint uns nur ein Mittel zu sein, die Verlegenheiten zu verdecken, worin sich die Construction der geschichtlichen Wirklichkeit gegenüber befindet. Sie hat eine Ahnung davon, dass die geschichtliche Thatsache mehr ist als eine blosse Metamorphose und Exemplification der Begriffe, aber dies Plus hält sie nur für eine Ohnmacht und einen Abfall, während es doch das ist, was an jeder Thatsache ihre Lebendigkeit und Specification ausmacht. Dass die deutsche Philosophie und zwar schon Lessing und Kant, mehr noch aber in methodischer Weise Fichte, Schelling und Hegel in dem besonderen Inhalte der Anschauungen Exemplification allgemeiner Begriffe, in den geschichtlichen Thatsachen eine Exemplification von Vernunftwahrheiten nachgewiesen hat, ist ihr Verdienst und das besondere der Construction oder der Philosophie der Geschichte, der Natur und des Geistes; dass die Construction aber meint, damit auch schon die geschichtliche Wirklichkeit erschöpft zu haben, ist ihr Mangel. Denn die Exemplification von Begriffen und Vernunftwahrheiten erschöpft nicht die Wirklichkeit, welche sich uns in Anschauungen enthüllt und offenbart. Diese aber sind die Grundlage der Erfahrungswissenschaften, welche *ex datis*, nicht aber *ex principiis* erkennen.

§. 50. Herbart's Methode der Beziehungen zur Ergänzung widersprechender Erfahrungsbegriffe.

1. Kant anerkennt die Erfahrung als eine besondere Quelle der Erkenntniss neben der Speculation, welche er auf den apriorischen Begriffen gründete, die aus den Formen des Denkens entspringen sollen. Er gewinnt aus den verschiedenen Formen des Denkens eine Vielheit apriorischer Begriffe, die er aber weder auf eine Einheit zurückführt, noch davon ableitet. Das wahre Wesen der Dinge sollen sie aber ebenso wenig zu erkennen geben, wie es die sinnlichen Vorstellungen der Empirie thun. Fichte, Schelling und Hegel wollen nicht blos aus einer Einheit das gesammte System der apriorischen Begriffe ableiten, sondern meinen auch, dass daraus nicht blos das wahre Wesen der Dinge, sondern zugleich auch ihre geschichtliche Wirklichkeit erkannt werde. Die völlige Identität des Denkens mit dem Sein, von der sie ausgehen, lässt sie die Ueberzeugung fassen, dass nichts anderes wirklich ist, als was die Vernunft nothwendig denkt. Als die Grundlage von allen theoretischen Wissenschaften sieht Herbart [1] die Erfahrung an. In den Erfahrungsbegriffen aber von der Materie und dem Geiste, dem Wesen und den Veränderungen der Dinge, meint er, finden sich Widersprüche, die dem gemeinen Denken freilich sich verbergen, aber doch um so mehr hervortreten, je mehr man diese Begriffe deutlich zu machen sich bemühe. Sie sollen nicht willkührlich ersonnen sein, sondern auf dem Stand-

[1] Hauptpunkte der Metaphysik. Göttingen 1808. — Lehrbuch zur Einleitung in die Philosophie. Königsberg 1821. — Allgemeine Metaphysik. Königsberg 1828, 1829.

punkte des empirischen Denkens sich nothwendig bilden. Die gemeine Denkweise, da sie das Gegebene in den genannten Begriffen auffasst, erzeugt auch zugleich darin, ohne es zu wissen und zu wollen, Widersprüche. Diese Widersprüche sind nach Herbart die Probleme des speculativen Denkens. Die Speculation weist sie in den Erfahrungsbegriffen nach und sucht sie methodisch zu lösen. Der Antrieb zur Speculation liegt demnach nicht in der Erfahrung selbst, sondern in den Widersprüchen, welche in ihren Begriffen die Speculation entdeckt. Gäbe es in den Erfahrungsbegriffen keine Widersprüche, so würde die Speculation keine Aufgaben zu lösen haben. Die Erfahrung ist also auch nicht positiv die Grundlage der Speculation, sondern wird mit ihr von Anfang an in einen negativen Gegensatz, in einen Widerstreit gestellt. Die Wahrheiten und Begriffe des empirischen Denkens sind für die Speculation nur „Grundirrthümer" und Widersprüche. Sie soll diese Widersprüche lösen und die Wahrheiten auffinden, welche sich der Empirie in Grundirrthümer verkehren. Die Herbart'sche Philosophie ist weit entfernt davon, die Empirie mit Kant als eine Quelle wahrer Erkenntniss neben die Speculation zu setzen oder sie wie Fichte, Schelling und Hegel aus Begriffen zu construiren, sondern das empirische Denken, welches für sich nur eine Quelle von Widersprüchen und Grundirrthümern ist, hat für sie nur den Werth, dass es der Speculation ihre Probleme giebt, welche allein durch ihre Lösung zur Wahrheit gelangt.

2. Die erste Aufgabe des speculativen Denkens ist nach Herbart die Darlegung der Widersprüche in den Erfahrungsbegriffen. Von den Dingen unserer Erfahrung wollen wir wissen, was sie sind. Diese Frage verlangt eine einfache Antwort, da jedes Ding nur eins ist. Allein mit einer einfachen Angabe lässt sich nicht das Wesen eines Dinges bestimmen. Nur durch eine Angabe vieler Merkmale beantwortet die Empirie die Frage nach dem, was die Dinge sind, und schreibt den Dingen deshalb viele Eigenschaften zu, und sieht sie als die Summe ihrer Eigenschaften an. Diese Vielheit der Eigenschaften, die das Ding sein oder besitzen soll, vertrage sich aber nicht mit seiner Einheit, denn es ist ein Widerspruch, dass eins Vieles ist. Das Ding ist nur eins und nicht, wie die Erfahrung es uns zeigt, Vieles. In dem Erfahrungsbegriff eines Dinges mit vielen Merkmalen oder Eigenschaften sei daher ein Widerspruch enthalten. — Ebenso soll der Erfahrungsbegriff der Veränderung widersprechend sein. Denn die Merkmale der Dinge, wie die Erfahrung zeigt, wechseln, das Ding aber, dessen Eigenschaften sich verändern, ist ein und dasselbe. Indem aber seine Merkmale wechseln, ist es nicht mehr dasselbe wie zuvor. Es ist dasselbe Ding und ein anderes, und ein anderes und dasselbe. In dem Erfahrungsbegriffe eines veränderlichen Dinges werde daher ein Widerspruch gedacht. Das Sein der Dinge verträgt sich nicht mit ihrer Veränderung, da darin immer ein Nichtsein gedacht wird und dasselbe daher sein und auch nicht sein würde. Denn in der Veränderung ist dasselbe Ding nicht mehr, was es war, und noch nicht, was es wird. — Auch in dem empirischen Begriffe der Materie ist nach Herbart ein Widerspruch enthalten, theils sofern sie als ein Ausgedehntes im Raume, theils sofern sie überhaupt als etwas Reales vorgestellt wird. Denn die Materie, welche den Raum erfüllt, wird wie der Raum selbst als eine con-

tinuirliche Grösse gedacht, welche ins Unendliche theilbar ist. Zugleich aber ist die Materie als gegeben eine endliche Grösse, „vorhanden als die Summe aller Theile, deren jeder bestehen könnte, unabhängig von den übrigen“. Der Begriff der Materie werde daher widersprechend gedacht, nämlich als „eine endliche Grösse, welche eine Menge unendlich vieler Theile ist“. Die Continuität und unendliche Theilbarkeit der Materie vertrage sich nicht mit ihrem Bestehen aus endlichen Theilen. Die Empirie denkt aber auch einen Widerspruch in diesem Begriffe, wenn sie die Materie als ein Reales annimmt, da „wir das wahrhaft für sich bestehende Reale, die letzten Theile nie erreichen, vielmehr immer an der ihm zufälligen, nichtigen Form der Aggregation kleben bleiben“. Als ein Reales nimmt die Empirie die Materie und kann doch das Reale an ihr, die letzten für sich bestehenden Theile, nicht zeigen. — Endlich soll auch der Begriff des Geistes widersprechend sein, weil in dem Begriffe des Selbstbewusstseins, wodurch er erklärt wird, eine Identität von Subject und Object behauptet wird, aber nicht gedacht werden kann. Denn diese Erklärung sei entweder ein endloser, nie zu vollziehender Progress oder ein Zirkel. Das vorstellende Subject soll im Selbstbewusstsein auch das vorgestellte Object sein. Frage man aber, was jenes ist, so antworte man durch dieses, und frage man, was das vorgestellte Object sei, so antworte man durch jenes und erkläre damit im Kreise herum. Oder wenn das Wesen des Ichs darin liege, dass es sich selber vorstellt, so sei das nur in einem unendlichen Progress und deshalb niemals möglich, weil dazu nothwendig ist, dass sich das Ich vorstellt als sich vorstellend, in einer endlosen Reihe sich vorstellend. — In dem Begriffe eines Dinges mit vielen Merkmalen, eines veränderlichen Dinges, der Materie, und in dem Begriffe des Selbstbewusstseins liegen also nach Herbart Widersprüche, welche das Denken ursprünglich nach dem Gegebenen der Erfahrung erzeugt. Die gemeine Weltansicht ist, wie die Speculation zeigt, ein Inbegriff von Widersprüchen. Es widerspricht sich sowohl das, was uns erscheint oder von uns vorgestellt wird, als das, dem es erscheint oder das es sich vorstellt. Denn in den Erfahrungsbegriffen soll widersprechend mit einander verbunden gedacht werden die Einheit des Dinges mit der Vielheit seiner Eigenschaften, das Sein mit dem Werden, die getrennten letzten Theile mit ihrer Continuität, die einfache Seele mit ihrer Verdoppelung im Selbstbewusstsein.

3. Widersprechende Begriffe aber haben keine Wahrheit. Was in ihnen gedacht wird, existirt in Wahrheit nicht, sondern ist nur ein Schein in unserem Denken. In unserem Denken aber ist ein vielfacher Schein. Es scheint uns eins zu sein, was vieles ist; veränderlich, was beständig ist; continuirlich, was getrennt für sich existirt; ein mit dem Object identisches Subject, was an sich einfach ist. Dieser Schein ist in unserem Denken nicht zu entfernen, da die Widersprüche in den Begriffen der Erfahrung auf ihrem Standpunkte unvermeidlich sind. Aus dem Schein aber wird auf das wahre Sein geschlossen, wie viel Schein, so viel Hindeutung auf das Sein, denn es könnte nichts scheinen, wenn nichts existirte, das den Schein macht. Die Wahrheit aber kann nur gefunden werden aus der Lösung der widersprechenden Erfahrungsbegriffe, womit sich die Speculation beschäftigt. Sie deckt nicht nur die Widersprüche und den

vielfachen Schein in den Erfahrungsbegriffen auf, sondern löst sie auch und zeigt, was die Wahrheit ist. Dazu aber ist die gewöhnliche Logik nicht hinreichend. Sie lehrt uns wohl, wie Begriffe klar und deutlich gemacht werden, zeigt aber nicht, wie Widersprüche in Begriffen gelöst werden, die um so mehr hervortreten, je klarer und deutlicher wir sie denken. Die Widersprüche des gewöhnlichen Denkens, welche durch eine blosse Unterscheidung verschwinden, kann sie durch ihre Mittel wohl heben, nicht aber jene Widersprüche, welche in dem Erfahrungsbegriffe unvermeidlich entstehen. Dazu sei die Aufstellung einer eigenen Methode des speculativen Denkens nothwendig. Obwohl Herbart den Werth der formalen Logik anerkennt und auf ihr Studium dringt, meint er doch, dass sie einer Ergänzung bedürfe in der Entdeckung einer speculativen Methode für die Darlegung und Lösung der oft genannten Widersprüche. Er hat die formale Logik wieder zur Anerkennung gebracht, und so ein altes Erbstück der Philosophie restaurirt, zugleich aber doch auch die Nothwendigkeit ihrer Reform und Ergänzung erkannt.

4. Das Verfahren, welches Herbart zur Lösung und Ergänzung der Widersprüche in den Erfahrungsbegriffen aufstellt, nennt er die Methode der Beziehungen. Zur Lösung der Widersprüche sei zuerst erforderlich, dass die widersprechende Verbindung aufgehoben werde, da der Widerspruch in keinem der Glieder für sich, sondern allein in ihrer prätendirten Verbindung liegt, dass nämlich Eins auch Vieles, das Beständige auch veränderlich, getrennte Theile auch continuirlich sein sollen. Durch die blosse Aufhebung der Verbindung werde aber der Widerspruch nicht positiv gelöst, da doch eine Verbindung jener Glieder gedacht werden soll. Dies sei nur möglich durch eine andere Form der Verbindung. Die Form der Verbindung der sich widersprechenden Begriffe verlange eine Umänderung. Eine solche Veränderung werde jedoch erreicht, wenn man eins der Glieder vervielfältige. Statt eines Dinges mit vielen Eigenschaften müsse man mehrere einzelne Dinge denken. Setze man so das eine Glied mehrmals, so könne es auch in vielfacher Beziehung gedacht werden. Der Widerspruch werde dann dadurch positiv gehoben, dass man nun diese Beziehungen in ihrer Mehrheit zusammenfasst und dem anderen Gliede gleichstellt, wodurch ihre Verbindung möglich wird. Die Lösung der Widersprüche fordert also nach Herbart theils eine Vervielfältigung des einen Gliedes der Verbindung, wodurch es in mehrfacher Beziehung mit anderen gedacht werden kann, theils aber ein Zusammenfassen dieser Mehrheit von Beziehungen, wodurch die Verbindung der beiden Glieder wiederhergestellt wird. Was durch eine einmalige Verbindung nicht möglich ist, soll durch eine mehrfache Verbindung und durch Zusammenfassen dieser Mehrheit möglich werden. Nur die Form der Verbindung, nicht ihr Inhalt erleide demnach eine Umänderung.

5. Nach den Vorschriften dieser Methode sollen wir also zuerst die beiden Bestandtheile in den Erfahrungsbegriffen, welche widersprechend mit einander verbunden werden, von einander sondern und zwar die Einheit des Dinges von der Vielheit seiner Eigenschaften, das beständige Sein desselben von seiner Veränderlichkeit, die Theile von ihrem continuirlichen Zusammenhange, die Seele vom Selbstbewusstsein. Um jedoch alsdann eine widerspruchslose Verbindung

hervorzubringen, sollen wir statt eines Dinges eine Vielheit von Dingen annehmen, welche in mehrfachen Beziehungen zu einander stehend gedacht werden können. Dadurch löst sich, was empirisch als eine Vielheit von Eigenschaften desselben Dinges gedacht wird, in eine Vielheit von Beziehungen desselben zu anderen Dingen auf. Die vielen Eigenschaften des Quecksilbers beständen nur in mehrfachen Beziehungen zu anderen Dingen, denn schwer sei es nur in Beziehung auf die Erde, flüssig in Beziehung auf die Wärme, weiss in Beziehung auf das Licht. Dasselbe eine Ding hat mehrfache Beziehungen zu anderen, die zusammengefasst vorstellen, was die Empirie als viele Eigenschaften an demselben Dinge für sich denkt. Das Eine ist nicht Vieles, sondern viele einzelne Dinge stehen in mehrfachen Beziehungen zu einander, welches den Schein bewirkt, als ob Eins Vieles sei. Wie die Eigenschaften der Dinge wird auch die Veränderung, der continuirliche Zusammenhang, das Bewusstsein auf blosse Relationen zurückgeführt. Indem so der eine Bestandtheil in den Erfahrungsbegriffen auf lauter Beziehungen sich auflöst, soll dadurch zugleich die Wahrheit, welche der Erfahrung zu Grunde liegt, und ihr Schein gefunden werden. Das wahrhaft an sich Existirende sei eine Vielheit einfacher Wesen, an sich ausser aller Beziehung mit einander, welche beständig bleiben, was sie sind; der Schein in der Erfahrung aber entstehe aus ihren Beziehungen unter einander und dem Zusammenfassen derselben in unseren Begriffen. Nur für die Erklärung des empirisch Gegebenen werden Beziehungen der einfachen Wesen unter einander angenommen; für sie selbst sind diese nur „zufällige Ansichten". Diese Beziehungen sind auch nicht objectiver, sondern nur subjectiver Art, da sie nur in unseren Begriffen von den Dingen bestehen. Blos zur Erklärung des Empirischen, wenn auch nach seiner Anleitung, denken wir eine Mehrheit von Relationen der einfachen Wesen, die an sich, ausser diesen Relationen, ein jedes für sich existiren. Der Schein wird daher auf den Dingen an sich zufällige Beziehungen subjectiver Art zurückgeführt. Diese Relationen sollen auch allein den Inhalt unseres Erkennens bilden, indess uns das Wesen der Dinge, welches in einer einfachen Qualität besteht, „völlig unbekannt" bleibt. Die Erfahrung wird dadurch gleichsam in zwei Welten geschieden, in das Reich der Wahrheit, bestehend in den uns unbekannten einfachen Qualitäten der Dinge, und in das Reich des Scheines, bestehend in den erkennbaren, jedoch subjectiven und zufälligen Relationen.

6. In seinem Endergebniss stimmt Herbart mit Kant überein, indem Beide lehren, dass wir nur Erscheinungen, Relationen, nicht aber das wahre Wesen der Dinge erkennen. In seiner Methodenlehre selbst aber nähert er sich mehr der Richtung, welche von Fichte ausgeht, dessen Zuhörer er in Jena war. Er will freilich nicht wie die Anhänger dieser Richtung das Empirische aus Begriffen construiren, sondern sieht es als ein Gegebenes an, aber das speculative Denken fasst er doch, wie sie, als eine Entdeckung und Lösung von Widersprüchen auf. Diese Widersprüche finden sich nach Fichte und Schelling in der gemeinen Weltansicht, nach Hegel in dem speculativen Denken selbst, nach Herbart aber in den Erfahrungsbegriffen. Allein die angeblichen Widersprüche in dem empirischen Begriffe, welche Herbart annimmt, sind in der That

nur ein Widerstreit der Erfahrung mit metaphysischen Voraussetzungen über die Erfahrung. Nur wenn vorausgesetzt wird, dass es ihrer Qualität nach schlechthin einfache, unter sich zusammenhangslose und unveränderliche Wesen giebt, ist damit die Erfahrung im Widerstreite, welche Dinge mit vielen Eigenschaften, von veränderlicher Natur, im Zusammenhange mit einander stehend, uns zeigt. Wie die Widersprüche des Denkens, die HEGEL annimmt, nur reale Gegensätze sind, so sind die angeblichen Widersprüche HERBART's nur ein Widerstreit der Erfahrung mit seinen metaphysischen Annahmen. Diese sind der Erfahrung nicht conform, daher stehen sie mit ihr im Widerstreit, und setzen in ihr einen Schein, der uns beständig betrügt, da, was an sich zusammenhangslos existiren soll, in Relationen zu stehen scheint, die an sich doch nicht existiren. Weil die metaphysischen Voraussetzungen HERBART's der Erfahrung nicht conform sind, können wir sie aber nicht für einen blossen täuschenden Schein, noch ihre Begriffe blos für Widersprüche ausgeben. Wo die Erfahrung auf einen Schein führt, vertraut sie auch, dass ihm eine entsprechende Wahrheit zu Grunde liegt, und wo in ihrem Denken sich Widersprüche finden, bestehen sie in vermeidlichen Irrthümern, in unrichtigen Antworten, nicht aber in den Fragen und Problemen selbst, welche der Wissenschaft zur Beantwortung gestellt sind. Mit Recht hat HERBART die Erfahrung als eine gegebene Grundlage der Speculation geltend gemacht und ihre Construction aus blossen Begriffen bestritten; allein soll sie eine Grundlage der Speculation sein, so können doch die Wahrheiten des empirischen Denkens für das speculative nicht blos Widersprüche sein.

§. 51. TRENDELENBURG's Erkenntnisstheorie, und APELT's Theorie der Induction.

1. Die eigenthümlichen Versuche auf dem Gebiete der Theorie des Denkens nach HEGEL und HERBART sind überaus mannigfaltiger und diverser Art. Für unseren Zweck genügt es, hier nur noch Einiges hervorzuheben, was mit den Naturwissenschaften in näherer Beziehung steht. Dahin gehören zuerst TRENDELENBURG's logische Untersuchungen [1]. Sie gehen von der Forderung aus, dass, wenn im Erkennen Denken und Sein übereinstimmen sollen, in beiden etwas Gemeinsames sein müsse, das, da es beide mit einander vermitteln soll, nur eine einfache und ursprüngliche Thätigkeit sein könne. Diese Thätigkeit sei die Bewegung. Denn die gesammte Natur lasse sich auf Bewegung zurückführen, woraus wir allein ein Verständniss ihrer Gebilde gewinnen. Dieselbe Bewegung gehöre aber auch dem Denken an, da die Thätigkeiten derselben nur durch das begleitende Bild der räumlichen Bewegung verständlich und an dieselbe gebunden seien. Als eine ursprüngliche und einfache Thätigkeit könne die Bewegung aber nur aus sich selbst erkannt werden, wie sie aus sich selber stammt. Sie kann nur angeschauet und aufgewiesen, nicht aber bestimmt und erklärt werden. Eine Erkenntniss der Dinge ist demnach nach TRENDELENBURG nur dadurch möglich, dass das Denken in sich selbst die constructive Bewegung

[1] A. TRENDELENBURG. Logische Untersuchungen. 2. Bd. Berlin 1840 — und Historische Beiträge zur Philosophie. 1. Bd. 1846. 2. Bd. 1855.

enthält, welche das Erzeugende in der Materie ist. Deshalb vermag auch das Denken Begriffe *a priori* zu bilden, welche zugleich die allgemeinen und nothwendigen Bestimmungen der Dinge darstellen. Aus der Bewegung entspringen im Denken die Grundbegriffe und in den Dingen die entsprechenden Bestimmungen. Raum und Zeit, Figur und Zahl, Ursache und Wirkung, Ding und Eigenschaft werden uns nur verständlich als Erzeugnisse der Bewegung im Denken wie in den Dingen. Die Materie aber als ein empirisch Gegebenes lasse sich doch nicht allein auf Bewegung zurückführen, wenn wir sie gleich ohne dieselbe auch nicht denken können. Sie wird auf Bewegung, Attraction und Repulsion, zurückgeführt; um aber die Bewegung zu fassen, werde doch wiederum ein Substrat vorausgesetzt, das sich bewegt. Hier dränge sich daher der Gedanke einer Einheit des Seins und der Thätigkeit auf. Die Thatsachen der organischen Natur und des menschlichen Lebens zeigen uns überdies, dass die aus der Bewegung entspringenden Kategorien für das Gebiet unserer Erfahrung nicht ausreichen, denn soweit die nackte Bewegung herrscht, herrsche die blinde Ursache, woraus doch nicht Alles erklärt werden kann. Jene Thatsachen aber zeigen uns die Herrschaft des Zweckes, worin der Gedanke auf das Sein wirkt, der Begriff in den Vorgang des Werdens eingreift. Das Sein wirkt mithin nicht nur auf das Denken, sondern der Gedanke auch auf das Sein, wie der Zweck beweist. Die Möglichkeit dieser doppelten Wirksamkeit liege aber in der vermittelnden Bewegung, weshalb auch die wirkende Ursache in der Richtung woher, der Zweck in der Richtung wohin (wozu) angeschauet wird. Ohne die Bewegung kann das Denken also weder nachbildend gegebene Gegenstände begreifen, noch vorbildend Dinge entwerfen. Auf verschiedenen Wegen jedoch dringt das Denken in die Natur der Dinge ein. Die Induction summirt aus dem Einzelnen die Thatsache des Allgemeinen; der Syllogismus schliesst aus der Thatsache des Allgemeinen das Einzelne. Das analytische Verfahren sucht aus der gegebenen Erscheinung den allgemeinen Grund, das synthetische construirt aus dem allgemeinen Grunde die Erscheinung als Folge. Diese vier Weisen der Begründung, welche Trendelenburg unterscheidet, vollziehen in den Wissenschaften die Uebereinstimmung des Denkens mit dem Sein. — Uns scheint jedoch die Bewegung nichts Reales für sich, sondern nur eine Existenzweise desselben zu sein, eine gegebene Thatsache, die mehr nach ihrem Ursprunge und Endzwecke eine Erklärung fordert als giebt, falls nicht das blosse Bild der Bewegung für sie selbst gilt. Dass sie ein Principiat unserer Erkenntniss ist, begreifen wir; wie sie aber ein Princip und zwar das gemeinsame des Seins und Denkens sein soll, verstehen wir nicht. Die Naturwissenschaften suchen die Bewegung aus ihren Gesetzen und Ursachen zu erklären, aber führen nicht diese auf jene zurück. Trendelenburg hat aber gezeigt, wie das Bild der Bewegung durch unsere Gedanken sich hindurchzieht.

2. Kant und Herbart lehren eine gänzliche Diversität zwischen Denken und Sein, Schelling und Hegel aber ihre völlige Identität. Mit Recht hat Trendelenburg die Frage nach der Uebereinstimmung des Denkens mit dem Sein daher als eine noch ungelöste zum Gegenstande seiner Untersuchungen gemacht. Ungelöst scheint uns aber auch noch die Frage nach der Stellung der

Erfahrung und der Induction zur Speculation. SCHELLING und HEGEL setzen die Construction des Wirklichen aus Begriffen an die Stelle der empirischen Methode. HERBART will in der Erfahrung nur gegebene Widersprüche anerkennen, welche die Speculation löst. KANT erkennt wohl die Erfahrung als eine Quelle von Erkenntnissen neben der Speculation, aber die Methode der Induction hat er doch nicht genauer untersucht. Für die deutsche Philosophie liegt in dem Begriffe der Erfahrungswissenschaft noch ein ungelöstes Problem. Wie es scheint, haben die Arbeiten von MILL, HERSCHEL und WHEWELL auch bei uns die Aufmerksamkeit darauf wieder hingelenkt. Namentlich hat unter Anderen APELT sich hiermit beschäftigt [1]. An die Induction, bemerkt er, knüpft sich ein doppeltes Interesse: einmal bildet sie die Brücke zwischen der Philosophie und den Naturwissenschaften, das anderemal ist sie der Hauptdifferenzpunkt der deutschen und englischen Philosophie. Während die jetzt in Deutschland herrschende Philosophie die Induction verwirft oder ignorirt, ist es seit BACON's Zeiten das Bestreben der Engländer und Franzosen gewesen, die Philosophie ausschliesslich auf dem Wege der Induction zu begründen und auszubilden. Eine Annäherung und Ausgleichung wäre hier nur möglich durch eine richtige Theorie der Induction. Eine solche sucht APELT zu geben. Er bestimmt zuerst die logische Form der Induction, welche in der disjunctiven Schlussart liege. Sie schliesse nach der Regel: Was von den Theilen einer Sphäre gilt, das gilt auch von dem Begriffe selbst, in dessen Sphäre diese Theile stehen; oder: Wenn alle Folgen eines Grundes stattfinden, so finde dieser selbst statt; findet hingegen nur eine nicht statt, so findet auch der Grund nicht statt. Die inductorische Schlussart bedarf aber der Beobachtung und der Erfahrung, um aus der Stelle zu kommen, indem im Untersatze ein völlig neues Merkmal zu den Gegenständen hinzukommen muss, die der Obersatz als Theile des Ganzen aufzählt. Dasselbe liegt entweder in der Anschauung offen zu Tage, oder in derselben verborgen, wo es nur durch künstliche Hülfsmittel zu einem Gegenstande der Anschauung werden kann. In einem solchen Falle sei die Kunst der Beobachtung und des Experimentes erforderlich, um den Schleier zu heben, der das Merkmal vor unseren Blicken verbirgt. Sie lässt sich aber nicht auf Regeln bringen, sondern ist eine Sache ingeniöser Erfindung. Die blos empirische Induction verfährt nur nach der Gewohnheit des gedächtnissmässigen Gedankenlaufes, die rationelle aber mit Bewusstsein und Ueberlegung, wenn sie die Natur frägt und durch Beobachtung und Experiment ihre Antwort sucht. Für jene giebt es keine Regeln, wohl aber für diese. Jene besteht nur in der Zusammenzählung ähnlicher Fälle und urtheilt nur nach der oftmaligen gleichförmigen Wiederkehr derselben Ergebnisse in der Erwartung ähnlicher Erfolge nach ähnlichen Vorgängen. Das kann aber nicht stattfinden, wo von einer gegebenen Wirkung die Ursache und das Gesetz ihrer Wirksamkeit verborgen ist und gesucht wird, wie es die rationelle Induction thut. Dafür aber gebe es leitende Maximen, die jedoch der einzelnen Erkenntnissweise angehören, die inductiv ausgebildet werden soll. Die Induction leiste jedoch auch nicht Alles, denn sie ist nur eins der regressiven Verfahrungs-

[1] E. F. APELT, Die Theorie der Induction. Leipzig 1854.

arten der Wissenschaften. Man kann durch sie nie Grundsätze, sondern nur Lehrsätze einer theoretischen Wissenschaft erschliessen. Die Induction ist nicht der Weg zu den nothwendigen Wahrheiten, sondern der Weg zu der Verbindung der nothwendigen Wahrheiten mit den zufälligen Wahrheiten. Zu den nothwendigen Grundwahrheiten führe nicht die Induction, sondern der Weg der Abstraction, welche durch Zergliederung vom Besondern zum Allgemeinen gehe. Die Abstraction sei die Methode der Aufsuchung der Principien, die Induction dagegen die Methode der Zurückführung der Erkenntniss auf ihre Principien. Das sei der Fehler in der früheren Theorie der Induction bei ARISTOTELES wie bei BACON gewesen, dass sie die Induction und Abstraction mit einander verwechselten. KEPPLER habe zuerst die Induction angewandt, GALLILAEI aber die Abstraction. So glaubt APELT, indem er ein zweifaches regressives Verfahren annimmt, die richtige Stellung der Induction nachgewiesen zu haben. Gewiss ist das regressive Verfahren, welches sonst allgemein die Induction genannt wird, in den verschiedenen Wissenschaften nach den Problemen, womit sie sich beschäftigen, ein verschiedenes, wie dies schon der Fall ist bei den Naturwissenschaften und der Geschichte, da für jene die Individuen nur Exemplare der Arten, für diese aber Personen eigener Art sind. So ist auch die Induction in den besonderen Wissenschaften und in den allgemeinen, welche letztere APELT die Methode der Abstraction nennt, nicht in allen Stücken dieselbe. Um aber das Wesen und die Stellung der Induction nach allen Seiten richtig zu würdigen, scheint uns ein weiteres Eingehen in die Methode der Speculation oder der Deduction erforderlich zu sein, als wir dies bei APELT finden.

B. Die Methodenlehre.

§. 52. Aus der Geschichte der Methodenlehre wie aus den verschiedenen Functionen des Denkens ergiebt sich die Nothwendigkeit einer doppelten Methode des Erkennens.

1. Aus der Geschichte der Methodenlehre ergiebt sich, dass bisher alle Versuche, die Probleme der Wissenschaften mit einer Methode, sei es der inductiven oder der deductiven, zu lösen, gescheitert sind. Weder BACON's Bestreben, alle Erkenntnisse auf dem Wege der Induction zu erreichen, noch CARTESIUS' Vorschlag, dasselbe Ziel durch die mathematische Methode zu gewinnen, noch SCHELLING's Intention, durch philosophische Construction die Empirie zu ersetzen, haben einen dauernden Erfolg gehabt, ihr Scheitern beweist vielmehr, wenn auch zunächst nur indirect, die Nothwendigkeit, verschiedene Methoden des Erkennens neben einander anzuerkennen. Wir gehen hier von der Annahme aus, dass für die Wissenschaften beide Methoden des Erkennens die Induction wie die Deduction, gleich nothwendig sind. Beide Methoden gehören allen Wissenschaften an, es giebt keine, worin nicht zugleich Inductionen und Deductionen angewandt würden. In den verschiedenen Wissenschaften stehen diese beiden Methoden nur in einem verschiedenen Verhältnisse zu

einander. In den Erfahrungswissenschaften sind die deductiven Lehrsätze mathematischer und philosophischer Art, die sie gebrauchen, nur Hülfsmittel für den inductiven Erkenntnissprocess, der das formale Wesen dieser Wissenschaften ausmacht. Die Deduction ist für sie nur ein Mittel für die Induction. In den speculativen Wissenschaften der Mathematik und der Philosophie fehlen jedoch auch die Inductionen nicht, nur dienen sie hier als Hülfsmittel des speculativen Verfahrens, das das formale Wesen dieser Wissenschaften constituirt. In ihnen ist umgekehrt die Induction ein Mittel für die Speculation. Inductionen und Deductionen sind in allen unseren Erkenntnissen immer zumal vorhanden. Es giebt keine Deduction, welcher nicht eine Induction vorherginge, und keine Induction, die nicht Speculation werden wollte. Die Induction setzt uns in den Stand, speculativ zu verfahren, und Deductionen bilden ebenso eine Grundlage des inductiven Verfahrens. Nur für die Betrachtung, um zu erkennen, was jede Methode für sich leistet, kann man beide von einander scheiden, während sie ausserdem in einander eingreifen.

2. Dass wir aber genöthigt sind, dies doppelte Verfahren in allen Erkenntnissen der Objecte anzuwenden, hat seinen positiven Grund in der Natur unseres Denkens. Denn das Denken übt nicht eine, sondern zwei Functionen im Erkennen aus. Der Gedanke scheidet und verbindet das Mannigfaltige der Wahrnehmungen. Könnten wir Alles blos durch Verbindungen erkennen aus der gegebenen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, so würde auch die Induction alle Probleme der Wissenschaften lösen können, und liesse sich Alles umgekehrt durch Unterscheidungen und Eintheilungen erkennen, würden wir nur ein speculatives Verfahren in den Wissenschaften anzuwenden haben. Da der Gedanke aber, um zu erkennen, beide Functionen ausüben muss, sind wir auch genöthigt, in den Wissenschaften ein doppeltes Verfahren anzuwenden und anzuerkennen. In der Induction dienen die Unterscheidungen, welche sie anwendet, um ein gegebenes Mannigfaltige zu einer Einheit zusammenzufassen, und in der Deduction bildet die Einheit die Grundlage, um daraus durch Eintheilungen zu erkennen. Ueberall im Denken bedingen sich diese beiden Functionen. Davon geben auch einen Beweis die verschiedenen Rechnungsarten der Mathematik, die Addition und Subtraction, das Integriren und Differentiren, das Vervielfältigen, Potentiren, Dividiren und Reduciren, welche vergleichungsweise dem inductiven und deductiven Erkenntnissprocesse entsprechen und sich gegenseitig bedingen. Wir betrachten daher alles und jedes Denken vom Anfange an als ein inductives und deductives, weil diese beiden Methoden schliesslich ihren Grund in den verschiedenen Functionen des Denkens haben. Gewöhnlich pflegen aber die Logiker die Methoden des Denkens nicht soweit zurück zu verfolgen, indem sie von Methoden des Erkennens erst bei einer Mehrheit von Begriffen und Urtheilen sprechen, welche sie als die gegebenen Elemente für das wissenschaftliche Verfahren ansehen, ohne zu bedenken, dass doch alle Begriffe und Urtheile durch die Vermittelungen des Denkens gebildet werden und deshalb schon jeder Begriff und jedes Urtheil die Spuren seiner Abkunft aus einer Induction oder Deduction an sich trägt. Das Denken selbst aber ist in allem Erkennen die Methode, das Schliessen und Folgern, Begründen und Beweisen. Sie selbst ist

nicht ein Drittes zu den Begriffen und Urtheilen, sondern nur die Art und Weise ihrer Bildung und Verbindung. Begriffe und Urtheile sind nur die Ergebnisse des methodischen Denkens. Jede intellectuelle Erkenntniss ist also eine inductive oder deductive, der die intuitive gleichsehr zu Grunde liegt, da alle Unterscheidungen und Verbindungen des Gedankens sich auf das Mannigfaltige der Anschauungen beziehen.

§. 53. Jede Methode des Erkennens soll von einem gegebenen Anfange aus ein bestimmtes Ziel durch die Vermittelungen des Denkens erreichen. Die Probleme des Erkennens, welche dadurch gelöst werden, sind verschieden nach dem darin Gegebenen und Gesuchten. Die Vermittelungen des Erkennens liegen in der verbindenden und unterscheidenden Kraft des Gedankens, welcher aber verschiedene Anfangsgründe des Erkennens voraussetzt, um die verschiedenen Probleme der Wissenschaften zu lösen.

1. Bevor wir die Methoden des Erkennens eine jede für sich betrachten, heben wir noch vorher die Momente hervor, welche beiden Methoden gemeinsam zukommen und die zusammen den Begriff des methodischen Erkennens bilden. Jede Methode des Erkennens ist ein Verfahren, Erkenntnisse aus einander hervorzubringen und mit einander zu einem Ganzen zu verbinden. Ein solches Ganze von Erkenntnissen nennen wir eine Wissenschaft. Sie ist das Ziel des methodischen Erkennens. Ursprünglich bilden unsere Erkenntnisse aber kein Ganzes, sondern nur Fragmente, welche mangelhaft sind und einer Ergänzung sowohl nach ihrer subjectiven, wie nach ihrer objectiven Seite, nach ihrer Gewissheit und Wahrheit bedürfen. Diese gegebenen und überlieferten Fragmente des Erkennens, welche aller Wissenschaftsbildung vorhergehen, bilden aber den Ausgangspunkt des methodischen Erkennens. Die Methode selbst ist der Weg von diesem Ausgangspunkte zu dem angegebenen Ziele hin zu gelangen. Sie selber begreift die Vermittelungen, welche nothwendig sind, um aus den gegebenen Fragmenten eine vollständige und sichere Erkenntniss der Dinge zu gewinnen. Jede Methode hat also ein Ziel, das aus einem bestimmten Anfange erreicht werden soll. Das methodische Erkennen ist kein zielloses Streben, keine blos unbestimmte Tendenz, sondern ein zweckmässiges Handeln. Wer in den Wissenschaften forscht, weiss auch, was er sucht. Die Methode ist ein regelmässiges Verfahren, ihr Ziel aus einem gegebenen Anfange zu erreichen. Jede Methode hat daher ein Problem, das durch sie gelöst werden soll. Das methodische Denken beginnt mit der Problemstellung, worin etwas gegeben ist und ein anderes gesucht wird. Ein Problem ist subjectiv ein Zweifel, objectiv aber eine Frage an die Natur der Dinge. Der Zweifel ist der Anfang des wissenschaftlichen Erkennens, aber nicht des Erkennens überhaupt, denn das ist die Anschauung, welche die erste aller Erkenntnisse ist. Der Zweifel ist nur der Anfang des wissenschaftlichen Erkennens. Er ist aber immer nur ein beziehlicher und bedingter, weil darin immer etwas als gewiss vorausgesetzt wird und ein anderes als ungewiss, das gesucht wird. Dieser besondere und bedingte Zweifel ist der

Anfang des methodischen Erkennens, nicht aber die Regel des CARTESIUS *de omnibus dubitandum esse.* Denn wenn wir Alles in Zweifel ziehen, heben wir dadurch auch alle wissenschaftliche Untersuchung auf, die immer nur möglich ist aus einem Gegebenen. Der Zweifel erstreckt sich immer nur auf gewisse Erkenntnisse, andere werden in der wissenschaftlichen Forschung als gewiss vorausgesetzt. Objectiv aber ist das Problem eine Frage an die Natur der Dinge, welche, wie ARISTOTELES angiebt, durch den Affect des Erkennens, das Erstaunen über eine Erscheinung hervorgerufen wird. Wer über nichts mehr sich verwundert, muss schon Alles erkannt haben. Das Erstaunen hebt nicht, wie HERBART und seine Anhänger meinen, die Forschung auf, sondern weckt sie, indem es ein Problem zu lösen aufgiebt. Auch die Frage ist wie der Zweifel nur immer etwas Beziehliches. Wir können ebenso wenig Alles in Frage stellen, wie wir Alles bezweifeln können, wodurch auch alle Forschung aufgehoben werden würde. Aus diesen Gründen kann auch keine wissenschaftliche Forschung mit der Abstraction von allem Gegebenen anfangen, wie HEGEL und FICHTE wollten, denn der Anfang des wissenschaftlichen Erkennens ist die Problemstellung, worin etwas gegeben ist, ein anderes aber ungewiss und erfragt wird. Auch Widersprüche bilden nicht, wie HERBART und HEGEL meinen, die Anfänge des methodischen Erkennens, da sie keine Frage, sondern eine falsche Antwort enthalten, womit aber doch Niemand eine wissenschaftliche Untersuchung wird beginnen wollen.

2. Das Gegebene in den Problemen können aber entweder Anschauungen oder Begriffe sein, wonach auch das Gesuchte ein verschiedenes ist. In jenem Falle werden zur Ergänzung der Anschauungen Begriffe gesucht, in diesem aber zur Ergänzung der Begriffe Anschauungen, denn jede vollständige Erkenntniss ist eine Verbindung von Anschauungen und Begriffen. Die Erkenntniss selbst besteht in der Coincidenz eines Begriffes mit einer Anschauung. Das Objective der Anschauungen oder Wahrnehmungen sind die mannigfaltigen einzelnen Thatsachen. Durch die Anschauungen, sagt KANT, werden uns Gegenstände gegeben, sie bezeichnet die ursprüngliche Setzung eines Gegenstandes für das Bewusstsein. Allein darin wird doch der Gegenstand dem Bewusstsein nicht vollständig enthüllt und offenbar. Die Anschauung ist nur eine unvollständige Erkenntniss von einem Gegenstande. Nur von dem Thatsächlichen unterrichtet sie uns. Der Gegenstand wird wohl dem Bewusstsein in der Anschauung gegeben, aber die Anschauung fasst ihn nur nach einer Seite auf und durchdringt ihn nicht. Weil die Anschauungen nur einzelne Thatsachen liefern, erfordern sie eine Ergänzung durch Begriffe, welche die Thatsachen mit einander zur Einheit eines Gesetzes verbinden. Denn das Objective der Begriffe ist der substantielle und causale, der gesetzmässige Zusammenhang der Thatsachen. Die wahrgenommenen Thatsachen begreifen, heisst sie auf die Einheit eines Gesetzes zurückführen. Bilden Begriffe aber das Gegebene einer Untersuchung, so fordern diese eine Ergänzung durch Wahrnehmungen. Jeder Begriff umfasst wie jedes Gesetz eine Mannigfaltigkeit von Ereignissen, welche darunter subsumirt werden können und worauf der Begriff angewandt werden kann. Darin besteht der Umfang eines Begriffes oder das Gebiet seiner Gültigkeit. Dies lässt sich jedoch

aus dem Begriffe allein nicht bestimmen, wozu vielmehr Wahrnehmungen des Thatsächlichen nothwendig sind. Alle Begriffe erfordern daher, sofern das Gebiet ihrer Gültigkeit bestimmt werden soll, eine Ergänzung durch Anschauungen. Die Entscheidung darüber, ob und in wie weit die Thatsachen unter den Begriff gehören und dadurch bestimmt werden, nennen wir ein Urtheil. Jedes Urtheil ist eine Entscheidung über die Realität eines Begriffes, die aus dem Begriffe allein ohne Hülfe der Anschauung nicht erkannt werden kann. Zur vollständigen Erkenntniss eines Gegenstandes gehört daher in jedem Falle eine Verbindung von Anschauungen und Begriffen. Die Anschauung muss durch den Begriff, was sie nicht an sich ist, intellectuell werden und der Begriff durch die Anschauung real. Könnten wir durch Anschauungen Gesetze wie Thatsachen erkennen, brauchten wir nicht zu denken, und könnten wir beides durch Begriffe erkennen, brauchten wir keine Anschauungen und Erfahrungen. Gesetze lassen sich aber nicht anschauen und Thatsachen nicht erdenken. Unser Bewusstsein, ob es gleich eins ist, vermag doch nicht durch denselben Act beides aufzufassen. Was es aber nicht durch einen Act, kann es durch verschiedene Thätigkeiten lösen. Wie unser Bewusstsein selbst aber im Anschauen und Denken immer ein und dasselbe ist, so ist auch die gegenständliche Welt nur eine, die nach verschiedenen Seiten von den Anschauungen und Begriffen erkannt wird. Was den Anschauungen und Begriffen gegenständlich ist, ist dasselbe, wenn es gleich von beiden nach verschiedenen Seiten aufgefasst wird. Die Welt der Ereignisse und der Thatsachen und die der Gesetze gehören zusammen und bilden nur eine Welt. Diese Einheit zu erkennen, ist das Ziel aller Wissenschaften und Methoden. Sie ist das Problem, das sie lösen sollen, wobei sie entweder ausgehen von den gegebenen Thatsachen, welche sie auf Gesetze zurückführen, oder von den aufgefundenen Gesetzen, woraus sie die Thatsachen erklären. Für die Vollendung unserer Erkenntnisse ist aber diese doppelte Problemstellung nothwendig, da wir nicht blos genöthigt sind, alle wahrgenommenen Thatsachen auf die Einheit eines Begriffes zurückzuführen, sondern auch die Wirklichkeit der Gesetze in den Thatsachen, welche daraus erklärt werden, nachzuweisen. Denn das Denken will nicht blos die mannigfaltigen einzelnen Thatsachen unserer Erfahrungen mit einander zu einer Einheit der Begriffe verbinden, sondern auch daraus durch Unterscheidungen das Verschiedenartige, wie es darin zusammen besteht, erkennen. Die Zurückführung aller Anschauungen auf Begriffe ist die Aufgabe der Induction, die Ergänzung der Begriffe durch Anschauungen aber das Problem der Speculation.

3. Die Methoden des Erkennens sollen die Probleme der Wissenschaften lösen, ihre Zweifel aufheben und ihre Fragen beantworten. Dazu sind die Vermittelungen des Denkens nothwendig. Die Kraft der Vermittelung wohnt dem Gedanken dadurch inne, dass er Vieles in Einem und Eins in Vielem erkennt. Er erkennt Eins in Vielem durch Verbindung und Vieles in Einem durch Unterscheidung. Wir erkennen durch den Gedanken einen Gegenstand als einen und denselben in der Vielheit seiner Erscheinungen, welche die Sinne auffassen. Die ganze Sinnenwelt würde für uns nur ein Register sein, wenn der Gedanke nicht Eins in Vielem erkennte. Aber auch Vieles in Einem erkennt er durch

Unterscheidungen, an demselben Gegenstande durch Sonderung die Vielheit seiner Eigenschaften, welche in der Anschauung ein ungesondertes Ganze bilden. Was für die Anschauung dasselbe ist, das kann daher für den Verstand, indem er es unterscheidet, ein sehr Verschiedenes sein. In der Anschauung ist der Körper und sein Spiegelbild dasselbe, für den Verstand aber, der sie unterscheidet, sind es verschiedene Dinge. Für die Anschauung ist 12 nur 12, der Gedanke aber fasst 12 bald als eine Summe, bald als eine Differenz, bald als ein Product, bald als einen Quotienten auf. Was für die Anschauung verschieden ist, kann der Gedanke aber auch als eins auffassen. So fasst er alle möglichen Längen, die eine Linie haben kann, zusammen in dem Begriffe einer veränderlichen Linie. Der Gedanke hat also die Macht, zu scheiden und zu verbinden und dadurch neue Erkenntnisse hervorzubringen. Alle vermittelnde Thätigkeit des Denkens setzt aber Anfangsgründe oder Quellen des Erkennens voraus. Es muss deshalb nicht nur möglich sein, durch Anschauungen und Begriffe, sondern auch aus Begriffen und Anschauungen etwas zu erkennen. Sie sind nicht nur die Bestandtheile oder Elemente einer jeden Erkenntniss, sondern auch die Anfangsgründe des Erkennens. Die Wissenschaften würden ein blosses Aggregat von Erkenntnissen sein, wenn Anschauungen und Begriffe nicht zugleich Anfangsgründe des Erkennens wären, wodurch erst ein innerer Zusammenhang in allen Erkenntnissen entsteht, indem eine aus der andern hervorgeht. Die Anschauungen bilden aber Anfangsgründe des Erkennens für das Wesen und den gesetzmässigen Zusammenhang der Dinge und die Begriffe für ihre Eigenschaften und Wirkungen. Aus dem Steigen des Thermometers folgt eine Vermehrung der Wärme und aus der Vermehrung der Wärme ein Steigen des Thermometers. Aus der Wahrnehmung am Thermometer erkennen wir die Vermehrung der Wärme, aus dem Begriffe oder dem Gesetze der Wärme aber erklären wir die Veränderungen des Thermometers. Jene Erkenntniss nenne ich eine inductive, diese aber eine deductive. Die Induction erkennt aus den Gründen der Erscheinung, die Deduction aber aus den Gründen der Sache. Die Gestalt der Erde erkennen wir inductiv aus dem Erdschatten oder aus Gradmessungen, deductiv aber aus dem Gesetze eines Rotationssphäroides. Begriffe sowohl wie Wahrnehmungen bilden mithin Anfangsgründe des Erkennens. Wir schliessen und folgern, begründen und beweisen aus Begriffen wie aus Anschauungen. Jedes wissenschaftliche Verfahren ist daher wesentlich bedingt durch die Entdeckung von Anfangsgründen des Erkennens, wodurch Folgerungen und Begründungen möglich werden. Die Möglichkeit einer Induction ist bedingt durch die Entdeckung von Wahrnehmungen, die Anfangsgründe des Erkennens bilden, und die Möglichkeit einer Speculation hängt von der Bildung von Begriffen ab, welche ebenso Anfangsgründe des Erkennens sind. Die Kunst des Denkens, welches ein Erkennen und Wissen werden will, besteht daher wesentlich in der Entdeckung von Anfangsgründen des Erkennens, die den Gedanken in den Stand setzen, Eins in Vielem und Vieles in Einem zu erkennen. Die Lösung der Probleme der Wissenschaften geschieht durch die Vermittelungen des Denkens und die Entdeckung von Anfangsgründen des Erkennens.

§. 54. Die Theorie der Syllogismen der gewöhnlichen Logik enthält keine Methodenlehre der Wissenschaften, da alle Syllogismen vielmehr durch vorhergehende Inductionen und Deductionen bedingt sind. Die Möglichkeit eines wissenschaftlichen Verfahrens, welche von den Skeptikern in Abrede gestellt wird, ergiebt sich aus dem Zusammenhange der beiden Methoden des Erkennens.

1. Wenn alles wissenschaftliche Verfahren in Syllogismen besteht, wie die Logiker mit Recht behaupten, so muss auch in ihrer Theorie die Methodenlehre der Wissenschaften liegen. Dafür vermögen wir aber die Syllogistik der gewöhnlichen Logik nicht anzuerkennen, da sie nur den Bestand, nicht aber die Entstehung der Schlüsse untersucht. Sie lehrt, der Syllogismus sei eine Verbindung von drei gegebenen Begriffen oder zwei gegebenen Urtheilen, den sogenannten Prämissen des Schlusses, zeigt aber nicht, wie diese Bedingungen des Schlusses beschafft werden. Wenn ein Schluss nur möglich sein soll, wenn vorher schon drei Begriffe gegeben sind, so ist die alsdann noch stattfindende Vermittelung wohl für die sprachliche Darstellung des Erkannten, nicht aber für die Erkenntniss selbst von Belang, da durch den Schlusssatz nichts gewonnen wird, was nicht vorher schon in den drei gegebenen Begriffen erkannt wäre. Deshalb beschäftigt sich die Logik auch nicht mit den Methoden des Erkennens, sondern nur mit den Formen und Modalitäten der sprachlichen Darstellung des Erkannten. Gäbe es kein anderes Verfahren in den Wissenschaften als die Syllogismen der Logiker, so würde es überall keine Wissenschaften geben. In den Wissenschaften gebraucht man daher auch das Wort Schluss und Schliessen in einem anderen Sinne, indem man nicht auf die Formen und Modalitäten der sprachlichen Darstellung, sondern auf den Inhalt und die Vermittelung des Erkennens selbst achtet. Wenn man aber hiervon absieht, wie die Logiker es verlangen, so kann allerdings nichts anderes nachbleiben, als die Form und Modalität der sprachlichen Darstellung einer Erkenntniss. Dass solche Verschiedenheiten ausserdem noch stattfinden können, ist unleugbar, ihre Beachtung und Untersuchung mag auch nicht ohne Interesse sein, erscheint aber für die Methodenlehre des Erkennens selbst als eine leere Spitzfindigkeit. Und mit Recht hat daher auch fast die gesammte neuere Philosophie gegen dieses Verfahren protestirt. In den Wissenschaften wird etwas anderes verlangt. Sie können nicht davon ausgehen, dass im Erkennen überall schon die Prämissen der Folgerungen gegeben sind, sondern befinden sich factisch in dem Zustande, diese Prämissen selbst erst zu entdecken. Sowohl die Induction wie die Deduction ist ein Verfahren, solche Prämissen aufzufinden, indem sie in Begriffen und Anschauungen Anfangsgründe des Erkennens entdecken. Sie enthalten daher die Bedingungen, unter denen erst ein Syllogismus der Logiker möglich wird. Die wirkliche Methodenlehre der Wissenschaften hat sich daher auch mehr mit den Bedingungen der Syllogismen als mit ihren Formen und Modalitäten beschäftigt, die nur geschichtlich von Interesse sind.

2. Die in den Wissenschaften Erfahrenen pflegen als die erprobtesten Erkenntnissmittel die Induction und die Analogie, welche das eigentliche Hülfs-

mittel der Deduction ist, zu empfehlen. Die Logiker hingegen warnen vor dem Gebrauche dieser Erkenntnissmittel, deren Anwendung äusserst gefährlich und unsicher sei. Statt dessen preisen sie die Beweisführung durch den Syllogismus von dem Allgemeinen auf das Besondere durch Subsumtion und möchten, wenn es nur überall sich machen liesse, die Induction und die Analogie auch auf diese Schlussart zurückführen, damit alle Erkenntnisse die gleiche Sicherheit gewönnen. Dass dies Verfahren die grösste Sicherheit gewährt und wenig Anstrengungen des Denkens kostet, ist auch uns nicht zweifelhaft, da mit Leichtigkeit aus der gegebenen Subsumtion des Besonderen unter das Allgemeine die sichere Schlussfolgerung sich finden lässt. Wie aber die Unterordnung des Besonderen unter das Allgemeine und dieses selbst gefunden wird, das verschweigt dies Verfahren, und vermag es selbst nicht zu lösen. Die Wissenschaften sehen sich daher auch immer wieder genöthigt, trotz der Verwarnungen der Logiker, Inductionen und Analogien als die Erkenntnissmittel zu gebrauchen, welche uns allein in den Stand setzen, die für jene Syllogismen erforderliche Unterordnung des Besonderen unter das Allgemeine und dieses selbst zu finden. Ihr bewährter Gebrauch in den Wissenschaften zeigt besser, worauf es in den Methoden des Erkennens ankommt, als die Theorie der Logiker

3. Gegen die Möglichkeit eines wissenschaftlichen Verfahrens überhaupt ist von den Skeptikern fast zu allen Zeiten geltend gemacht worden, dass alles Denken entweder vor- oder rückwärts ins Unendliche (*in indefinitum*) verlaufe oder in einen Kreis verfalle oder von willkührlichen Annahmen ausgehe. Hieraus folgern sie, dass eine methodische Erkenntniss der Dinge unmöglich sei, denn die angegebenen Fehler seien mit dem Wesen des methodischen Erkennens unvermeidlich verbunden. Dass alle Methoden des Erkennens von gewissen Annahmen, etwas Gegebenem, ausgehen müssen, ist auch unsere Meinung, dass diese Annahmen aber willkührliche seien, müssen wir bestreiten, da sie von dem jedesmaligen Erkenntnissvorgang, worin wir uns befinden, abhängig sind. Eine Deduction kann überall nicht von gegebenen Thatsachen und eine Induction nicht von gegebenen Begriffen ausgehen. Das Verfahren und die Annahmen oder das Gegebene stehen vielmehr bei jeder Methode in einem nothwendigen Zusammenhang mit einander. Wo blos Thatsachen gegeben sind, kann nur eine Induction stattfinden, und wo sie stattfindet, müssen Thatsachen gegeben sein. Wenn hierin nun freilich keine Willkühr stattfinden kann, so scheint es doch, dass alles wissenschaftliche Verfahren auf der Seite der Induction bei blossen Annahmen in den Thatsachen und auf der Seite der Deduction bei blossen Annahmen in den höchsten Grundsätzen zuletzt ende, und demnach das skeptische Argument begründet zu sein. Dies würde auch der Fall sein, wenn es überall nur eine Methode des Erkennens gäbe, ist es aber nicht, wenn es zwei Methoden des Erkennens giebt, da alsdann der Ausgangspunkt des einen Verfahrens das Ziel des anderen ist, und demnach nichts Unbeweisbares und nichts Unerklärbares in dem Processe des Erkennens nachbleiben kann, da was für die eine Methode als Annahme gilt, für die andere Ergebniss der Forschung ist. Damit scheint nun aber das wissenschaftliche Verfahren dem zweiten skeptischen Argumente zu verfallen, wonach schliesslich alles Denken in einen Kreislauf

verfallen soll, in dem die Inductionen und Deductionen des Erkennens sich gegenseitig beweisen und erklären. Aus dieser Gegenseitigkeit entsteht indess nicht der Schein der Dialektik, den die Skeptiker daraus hervorzuzaubern wissen. Es würde ein Kreislauf daraus entstehen, wenn in beiden Methoden die Folgerungen und Begründungen denselben Weg des Denkens, nur umgekehrt, beschrieben. Das ist aber nicht der Fall, denn der inductive Weg von den Gründen der Erscheinungen aus findet überall nur im Denken statt, indess der deductive Weg zugleich den objectiven Hergang der Sache darstellt. Die Vermehrung der Wärme und das Steigen des Thermometers werden freilich von beiden Seiten als Gründe und Folgen mit einander verbunden, sodass was das eine Mal Grund ist, das andere Mal Folge ist und umgekehrt. Aus der Vermehrung der Wärme folgt das Steigen des Thermometers und hieraus folgt jenes. Allein die letztere Bewegung ist nur ein Vorgang im Denken, jene aber stellt zugleich den Hergang der Sache dar. Die Begründungen und Folgerungen, ob sie gleich in beiden Methoden umgekehrt sich verhalten, sind also doch nicht in der Weise identisch, dass sie gleichsam nur dieselbe Treppe in einem Begriffsgebäude darstellen, auf der wir zugleich auf- und absteigen. Nur in diesem Falle aber würde wirklich jener gemeinte und unvermeidliche Fehler, den die Skeptiker im Sinne haben, entstehen. Dadurch aber, dass es wirklich zwei verschiedene Methoden des Denkens giebt, wird zugleich ein durchgängiger Zusammenhang in aller Erkenntniss gewonnen, sodass zuletzt nichts Unerklärbares und Unbeweisbares nachbleibt und doch zugleich der Kreislauf des Denkens, wovon die Skeptiker viel Aufhebens machen, vermeidlich. Auch das dritte skeptische Argument ist mehr ein dialektischer Schein als eine Wahrheit. Alles Denken geht in der That ins Unendliche, d. h. auf einen letzten Abschluss des Denkens seinem Anfange und seinem Ende nach, da alles wissenschaftliche Verfahren schliesslich auf Principien beruht und zu einem in sich abgeschlossenen System von Erkenntnissen führen soll. Das Unendliche aber, was die Skeptiker im Sinn haben, ist hiervon das gerade Gegentheil, denn sie meinen, das Denken gelange nirgends zu einem Ende oder zu einem Anfange, sondern treibe gleichsam nur auf den Wellen der Empfindungen hin und her. Wenn das Denken aber überall ins Unendliche der Skeptiker verliefe, so würde auch jede einzelne Erkenntniss an demselben Mangel leiden, der in ihrer Reihe stattfinden soll. Diese einzelnen Erkenntnisse, welche noch von den Methoden der Wissenschaften gleichsam unberührt erscheinen, lassen die Skeptiker aber doch, ihrer Unentbehrlichkeit wegen, wie sie angeben, gelten. Sie sollen eine Ausnahme bilden. Die Methoden der Wissenschaften bringen aber gar keine andern Erkenntnisse in einen Zusammenhang und zu einem Abschluss, als diese gleichsam wild wachsenden einzelnen Erkenntnisse. Die Wissenschaft enthält nur ihre Veredelung. Dasselbe unterscheidende und verbindende Denken ist auch bei ihrer Bildung thätig gewesen, das zur Kunst ausgebildet in den Wissenschaften ihre Vervollständigung und Verbindung zu einem Ganzen erstrebt. Jener vermeintliche Regressus und Progressus ins Unendliche, in den das wissenschaftliche Denken verfallen soll, findet daher entweder überall nicht statt oder der blos hin und her treibende Gedanke vermag auch keine einzelne Erkenntniss

zu erzeugen, worin doch immer ein relativer Abschluss des Denkens stattfindet. Das Unendliche, wovon die Skeptiker reden, ist überall nichts als eine leere Meinung, das Unendliche aber des wissenschaftlichen Verfahrens ist der letzte Abschluss des Denkens seinem Anfange und seinem Ende nach, ohne den überall keine Methode des Erkennens denkbar ist, da jede ein Ziel hat, das aus einem bestimmten Anfange erreicht werden soll. Die Inductionen und Deductionen unserer Wissenschaften mögen bisher weder das eine, noch das andere besitzen, aber ohne die idealen Gedanken solcher Anfänge und Zielpunkte findet überall auch factisch keine Induction und Deduction statt, welche nur die Mitte bilden zwischen jenen beiden Endpunkten. Was die Wissenschaften aber nicht suchen, können sie auch nicht finden, ihre Untersuchungen und Forschungen aber gehen nur aus idealen Gedanken von den Anfängen und Zielpunkten der Methoden des Erkennens hervor.

I. Die Induction.

§. 55. Die Rechtfertigung der inductiven Methode gegen die Einwürfe des Rationalismus und des skeptischen Empirismus, womit sie die Möglichkeit der Induction bestreiten.

1. In der Praxis der Wissenschaften gilt die Induction als das Verfahren, wodurch wir eine Erkenntniss des Allgemeinen aus den einzelnen Thatsachen der Erfahrung durch die Vermittelungen des Denkens gewinnen. Dies Allgemeine, was das Ziel der Induction ist, nennen wir im Denken einen Begriff, in der Wirklichkeit aber ein Gesetz. Aus den aufgefundenen Thatsachen will die Induction durch die Vermittelungen des Denkens ihren gesetzmässigen Zusammenhang erkennen. Diese Ansicht über das Wesen der Induction hat indess nur Gültigkeit unter der Bedingung, dass einerseits die Erfahrung in der That eine Quelle ist für die Erkenntniss des Allgemeinen, und dass es andererseits in der Natur eine Gesetzmässigkeit der Erscheinungen giebt. Denn eine Erkenntniss des Allgemeinen kann auf dem Wege der Induction nicht stattfinden, wenn es keine objective Gesetzmässigkeit der Erscheinungen giebt und dafür in der Erfahrung kein Erkenntnissgrund enthalten ist. Beide Voraussetzungen der Induction sind aber vielfach bestritten worden. Der Rationalismus will die Erfahrung nicht als eine Quelle für die Erkenntniss des Allgemeinen gelten lassen und lehrt daher, dass diese Erkenntniss auf einem ganz anderen Wege gewonnen werde. Die andere Voraussetzung der inductiven Methode bestreitet der skeptische Empirismus. Er stellt jegliche Erkenntniss des Allgemeinen in Abrede, weil es nach seiner Meinung keine objective Gesetzmässigkeit der Erscheinungen giebt. Von verschiedenen Seiten aus bestreiten mithin diese beiden Gegner der inductiven Methode die Möglichkeit und die Bedingungen derselben. Sie geben daher der Induction auch ein anderes Problem. Sie betrachten die Induction nur als eine Sammlung vieler Einzelheiten, die zu an sich zweifelhaften Regeln führe. Die Induction gewähre nur eine comparative Allgemeinheit, bei der immer Ausnahmen denkbar bleiben. Dass die Induction uns nur zu solchen

Ergebnissen führe, meinen sie aus dem Wesen der Erfahrung schliessen zu können, denn die Erfahrung sei nie vollendet und es könnten daher stets neue Fälle gefunden werden, die das bisherige Ergebniss der Induction widerlegten. Die Induction gilt daher nur als ein äusserst unsicheres Verfahren, weil ihre Grundlage, die Erfahrung, keine sichere Stütze gewähre. Die unleugbare Thatsache, dass die Induction oft ihr Ziel verfehlt und zu Ergebnissen führt, von denen sich nachträglich zeigte, dass das darin aufgefundene Gesetz doch nicht alle Thatsachen umfasste, gilt hier als das Muster für alle Inductionen, während sie an sich nur die Ausnahme eines fehlerhaften Verfahrens enthält, woraus wir allein das wahre Problem der Induction zu bestimmen um so weniger berechtigt sind, als thatsächlich doch auch die Induction zu anderem Ergebniss geführt hat. Der skeptische Empirismus sieht ausserdem aber auch den Mangel unseres Erkennens als ein Objectives an und betrachtet daher zugleich die Natur selbst als eine blosse Beispielsammlung zweifelhafter Regeln mit vielen Ausnahmen. Der Rationalismus aber schliesst aus dem Mangel des inductiven Verfahrens, dass die Erkenntniss des Allgemeinen, die er nicht in Zweifel zieht, auf einem anderen als dem inductiven Wege gefunden werde. Ob wir nun die Induction mit dem Rationalismus und dem skeptischen Empirismus blos als eine Sammlung vieler Einzelheiten, die zu an sich zweifelhaften Regeln führen, oder als das Verfahren anzusehen haben, welches uns eine Erkenntniss des Allgemeinen aus den einzelnen Thatsachen der Erfahrung gewährt, hängt wesentlich von der Gültigkeit oder der Ungültigkeit der beiden erwähnten Voraussetzungen der Induction ab. Denn die factischen Leistungen der Induction in den Wissenschaften selbst können hierüber allein nichts entscheiden, da es streitig ist, ob das, was die Induction bisher leistete, als Regel oder als Ausnahme anzusehen ist. Nur aus dem einen Umstande, dass nicht alle Ergebnisse der bisherigen Inductionen gleich sind, indem einige zu, wie es doch scheint, allgemeinen Naturgesetzen, andere aber zu mehr zweifelhaften Regeln führten, wird man schliessen können, dass der Rationalismus und der skeptische Empirismus einen unzureichenden Begriff von der Induction geben, wenn sie blos die letzteren Ergebnisse als allein maassgebend für das Wesen der Induction gelten lassen. Daneben wird aber der Rationalismus immerhin behaupten können, dass die Erkenntniss der allgemeinen Naturgesetze nur irrthümlich als Ergebniss der inductiven Methode angesehen worden, und auch der skeptische Empirismus seine Zweifel geltend machen können, dass auch diese Gesetze durch die Entdeckung neuer Thatsachen als zweifelhafte Regeln sich werden befinden lassen. Ohne eine Entscheidung über die Gültigkeit jener Voraussetzungen der inductiven Methode kann daher über ihr Wesen und ihre Aufgabe keine sichere Bestimmung stattfinden.

2. Die Erfahrung will der Rationalismus nicht als eine Quelle für die Erkenntniss des Allgemeinen gelten lassen. Da er aber die Thatsache, dass es solche Erkenntnisse giebt, nicht bestreitet, sieht er sich genöthigt, diese Erkenntnisse für ein ursprüngliches Besitzthum des Geistes unabhängig von aller Erfahrung anzunehmen, nur hat er nie genauer anzugeben gewusst, wie diese Erkenntniss dem Geiste angeboren sei, ob als ein von ihm selbst noch uner-

kannter Inhalt oder selbst schon als Begriffe und Vorstellungen, ob blos als die Fähigkeit, die allgemeinen Gesetze und Ordnungen der Welt zu erkennen, oder als gewisse Formen des Denkens. Zwischen all diesen Möglichkeiten pflegt die Meinung des Rationalismus hin und herzugehen. Was dem Geiste aber auch durch sein Wesen oder durch seinen Ursprung mag gegeben sein, wirklich in sein Bewusstsein tritt es doch nur bei Gelegenheit der Erfahrung, die ihm erst erläutert, was er vorher nur noch bewusstlos in sich trug. Die Erfahrung anerkennt der Rationalismus nur als das nothwendige Illustrationsmittel und die unentbehrliche Gelegenheitsursache für die Erkenntniss der allgemeinen Gesetze. Die Erfahrung hat für ihn mehr einen ästhetischen als einen logischen und intellectuellen Werth. Die Sammlung der Thatsachen soll nur dienen zur Illustration der allgemeinen Gesetze, Begriffe und Ideen, welche der Geist auch ohne sie inne hat. Er räumt der Erfahrung daher wohl einen Einfluss ein auf die Erwerbung allgemeiner Erkenntnisse, ihre Nothwendigkeit aber für die Bildung des Geistes erkennt er nicht. Denn alles was der Geist der Erfahrung verdankt durch die Anregung und Exemplificirung seiner Ideen, besitzt er im Grunde auch ohne sie. Wenn die Erfahrung nur das Illustrationsmittel und die Gelegenheitsursache der Ideen ist, begreift man jedoch nicht, wozu überall eine Erfahrung nothwendig ist. Wünschenswerth erscheint sie uns wohl, damit wir nicht immer in einem traumartigen Zustand verbleiben, ihre Nothwendigkeit aber erhellt nicht. Eine positive Bedeutung und Nothwendigkeit der Erfahrung für das Leben des Geistes vermag der Rationalismus nicht anzugeben. Wenn der Rationalismus nun aber die allgemeinen Begriffe und Ideen, die ein ursprünglicher Besitz des Geistes sein sollen, zugleich als erklärende Principien der Erfahrung annimmt, so wird er dadurch auch genöthigt in der Erfahrung mehr als ein blosses Anregungs- und Illustrationsmittel anzuerkennen. Denn die Begriffe können nicht erklärende Principien der Erfahrung sein, wenn diese nicht zugleich ein Erkenntnissgrund für sie ist. Wie kann die Erfahrung aus allgemeinen Gesetzen, welche in den Begriffen *a priori* gedacht werden, erklärt werden, wenn in der Erfahrung selbst kein Erkenntnissgrund für sie enthalten ist? Steht sie unter den allgemeinen Gesetzen, welche der Geist *a priori* aus sich erkennt, so müssen auch Spuren ihrer Herrschaft in ihr gegeben sein, woraus wir im Stande sind sie zu erkennen. Die Erfahrung selbst muss also auch eine Quelle sein für die Erkenntniss des Allgemeinen. Der Rationalismus verkennt die Nothwendigkeit der Erfahrung für das Leben des Geistes. Sie ist nicht blos ein Anregungs- und Illustrationsmittel für die allgemeinen Gesetze, sondern auch ein Erkenntnissgrund dafür. Es muss einen Weg geben von den Erscheinungen zu dem Grunde der Erscheinungen und dieser Weg ist die Induction. Was für den Rationalismus ein ursprünglicher Besitz des Geistes ist, das ist für die Induction eine allmälige Ausbildung des Geistes. Sie schätzt und würdigt die Thatsache der Geschichte, dass der Mensch auch in der Erkenntniss des Allgemeinen nur schrittweise vorgerückt ist. Der Rationalismus zerreisst den Zusammenhang zwischen der Empirie und den allgemeinen Begriffen, wenn er die Empirie aus allgemeinen Gesetzen erklären will, ohne in den Phänomenen einen Erkenntnissgrund dafür anzunehmen.

3. Der skeptische Empirismus bestreitet die andere Voraussetzung der Induction, nämlich die Annahme objectiver Naturgesetze. Er zieht die Erkenntniss des Allgemeinen in Zweifel und giebt daher wie uns scheint einen zu niedrigen Begriff von dem Problem und dem Wesen der Induction. Die Erfahrung betrachtet er wohl als die alleinige Quelle der Erkenntniss, aber sie soll doch nicht zu Erkenntnissen führen, worum es sich lohnt, alle Kräfte des Geistes anzuspannen. Denn nur zweifelhafte Regeln mit vielen Ausnahmen soll die Induction aus der Erfahrung gewinnen können. Allgemein gültige Erkenntnisse gäbe es überall nicht. Selbst die Lehrsätze der Mathematik sollen bei genauer und gründlicher Betrachtung nur Regeln willkürlicher Annahmen sein, die nicht ohne Ausnahme seien. Er gelangt daher auch schliesslich zu der Ueberzeugung, dass es überall keine objectiven Gesetze giebt, die der Erscheinungswelt zu Grunde liegen. An ihre Stelle sollen jene zweifelhaften Regeln treten, mit vielen Ausnahmen, welche, wie er gefunden haben will, die wahren Ergebnisse aller bisherigen Inductionen seien. Wenn die Natur selbst nur eine Sammlung solcher Regeln ist, so versteht es sich freilich von selbst, warum unser inductives Denken zu keinem anderen Resultate gelangen kann. Denn unmöglich kann das Denken eine Erkenntniss des Allgemeinen liefern, wenn überall den Erscheinungen weder in noch ausser uns allgemeine Gesetze zu Grunde liegen. Wenn anfänglich der Empirismus nur die Zulänglichkeit der menschlichen Erkenntnisskraft in Zweifel zieht, da er die vorhandenen Mängel in unseren Erkenntnissen als etwas Wesentliches und Bleibendes ansieht, so kehrt doch schliesslich der Zweifel sein Misstrauen gegen die Wahrheit selbst. Er bestreitet die Existenz der Objecte, welche das Ziel der Erkenntniss sind. Allein woher weiss denn in der That der skeptische Empirismus, dass nicht vorhanden ist, was ihm zweifelhaft und ungewiss erscheint? Er meint, zu einer wahren Erkenntniss des Allgemeinen könne die Induction nicht gelangen, weil unsere Erfahrung nie vollendet ist und daher stets neue Fälle aufgefunden werden könnten, welche die bisherigen Ergebnisse der Induction, wie das schon oft vorgekommen sei, widerlegten. Unsere Schlüsse aus der Erfahrung haben keine Allgemeinheit, so lange die Erfahrungen selbst noch unvollständig sind. Dies Argument hat offenbar den Schein der Wahrheit für sich, da eine vollständige Sammlung aller möglichen Erfahrungen, wenn auch nur in einem beschränkten Kreise in keiner wirklichen Erfahrung jemals erreicht werden kann und mithin niemals die Bedingungen eintreten, unter der vollgültige Beweise aus der Erfahrung möglich sind. Dies Argument beweist aber zugleich auch zu viel. Wohl kann es Inductionen geben, die noch auf ihren Abschluss warten, weil unsere Sammlung der Thatsachen noch zu unvollständig ist, niemals aber würde eine Induction zu einem Ergebnisse kommen, wenn dies erst am Ende aller Erfahrungen wirklich zulässig sein sollte. Consequent müssten wir dann auf alle Schlüsse aus der Erfahrung verzichten und nur in ihr sein und leben. Die Schlüsse aus unseren unvollständigen Erfahrungen und den zukünftigen Erfahrungen, welche sie vielleicht insgesammt als Fehlschlüsse sollen darthun können, werden hier jedoch in einem möglichen Widerspruch mit einander gedacht, der allen Zusammenhang in der Erfahrung unmöglich macht. Das Misstrauen gegen die bisherigen Ergebnisse

der Induction gründet sich darauf, dass möglicher Weise die zukünftigen Erfahrungen allen früheren widersprechen. Diese Meinung ist aber offenbar eine Phantasie, die Blicke in die Zukunft thut, ohne sich auf irgend eine Gegenwart zu stützen, denn sie denkt sich die Zukunft nicht als die Zukunft der Gegenwart, sondern ohne Zusammenhang mit derselben, als eine Art Wunder, das mit keiner Erfahrung mehr auch nur in Analogie steht, wie die Skeptiker aller Zeiten nur Zweifel und Wunder, aber keine geordnete Erscheinungswelt kennen. Diesen Glauben theilen wir nicht, da wir keine Zukunft überhaupt, sondern nur die der Gegenwart kennen. Die zukünftigen Erfahrungen können wohl die bisherigen ergänzen, berichtigen, vervollständigen, aber doch mit ihnen nicht in einem gänzlichen Widerspruch stehen, und es werden daher auch die aus den bisherigen Erfahrungen gewonnenen Ergebnisse als Elemente allgemeiner Wahrheiten gelten können, da sie jedenfalls die Grundlage der späteren Inductionen bilden werden. Aus der Unvollständigkeit unserer Erfahrung schliesst man zu viel, wenn man daraus die Unmöglichkeit allgemeiner Erkenntnisse folgern will. Ausserdem hängen die Ergebnisse der Induction nicht blos ab von der Sammlung der Thatsachen, sondern auch von ihrer intellectuellen Vermittelung, wodurch erst der gesetzmässige Zusammenhang der Erscheinungen erkannt wird. Welche Gesetzmässigkeit wir in den Phänomenen der Natur jedoch annehmen, hängt wesentlich von den intellectuellen Vermittelungen der Thatsachen ab. Besteht diese nun, wie der skeptische Empirismus meint, nur in der Reproduction und Association der empirischen Vorstellungen, so ist die Bestreitung einer objectiven Gesetzmässigkeit nur eine Folge dieser Vermittelungsart der Thatsachen, wodurch die Gesetze der Natur zu Regeln einer Gedächtnisskunst gemacht werden, die sich Niemand anders denn als willkührlich und particular vorstellt. Die Aufeinanderfolge der Erscheinungen, welche wir durch die Erinnerung erkennen und uns merken, kann immer nur eine willkührliche und particulare Regel geben. Die Art wie der skeptische Empirismus den Causalnexus für erkennbar hält durch blosse Associationen der Vorstellungen, ist also der Grund, worum er keine objectiven allgemeingültigen Gesetze in der Natur annimmt. Ihre Bestreitung fällt also von selbst weg, sobald die Vermittelung der Thatsachen nicht blos eine gedächtnissmässige, sondern eine wirkliche intellectuelle ist. Denn unsere Ueberzeugung von der Existenz eines Objectes steht in Verbindung mit der Form des Erkennens, die wir anwenden. Aus der intellectuellen Vermittelung der Thatsachen gewinnen wir auch erst die Ueberzeugung von dem Dasein objectiver Gesetze, die natürlich fehlt, wo Phantasie und Gedächtniss Verstand und Vernunft vertreten sollen. Die beiden Voraussetzungen der Induction halten wir demnach auch für begründet und erkennen ihr Wesen darin, dass sie eine Erkenntniss des Allgemeinen aus der Erfahrung durch die Vermittelungen des Denkens gewinnt.

§. 56. Das analytische und das regressive Verfahren der Abstraction sind nur Stufen des inductiven Erkenntnissprocesses.

1. Indem wir die nächsten Voraussetzungen oder Bedingungen der Induction zu rechtfertigen suchten, haben wir dabei ihren Begriff in dem allgemeinen Sinne

genommen, wie schon Bacon ihn fasste. Sie ist die von den Anschauungen zu den Begriffen aufsteigende, von den Erscheinungen auf das Wesen der Dinge zurückgehende Methode, während das deductive Verfahren, das wir noch ausser der Induction anerkennen, die entgegengesetzte Bewegung des Gedankens begreift. Einige glauben aber ausser der Induction und Deduction noch andere Methoden des Erkennens annehmen zu müssen, welche, wenn sie auch in näherer Beziehung zur Induction stehen, doch von ihr noch zu sondern seien. Alsdann sieht man sich auch genöthigt den Begriff der Induction in einem engeren und beschränkteren Sinne zu nehmen, als wir ihn fassen. So will Trendelenburg [1] von einander geschieden wissen das analytische und das inductive Verfahren. Die Induction summire aus dem Einzelnen die Thatsache des Allgemeinen, das analytische Verfahren aber suche aus den gegebenen Erscheinungen den allgemeinen Grund. Beide gehen von den gegebenen Erscheinungen aus, das analytische Verfahren aber zerlege und durcharbeite die Erscheinungen und ergreife darin den hervorbringenden Grund, indess die Induction das Einzelne unverändert lasse und es nur in seiner Gemeinsamkeit zusammenfasse um die Allgemeinheit der Erscheinungen zu entwerfen. Die Induction bereite die Analysis vor, da die allgemeine Thatsache ein Ausdruck des nothwendigen Grundes sei. Verhalten sich aber beide Methoden so zu einander, dass die Analysis zum Abschluss bringt, was die Induction vorbereitet, so scheinen sie uns auch nur Stufen ein und desselben Gedankenganges, nicht aber zwei verschiedene Methoden des Denkens zu sein. In den Erfahrungswissenschaften wird auch der Begriff der Induction nicht in dem engeren und beschränkteren Sinne genommen, wie ihn Trendelenburg bestimmt, vielmehr betrachtet man dort die Analysis der Erscheinungen, um auf ihren Grund zu kommen, selbst als ein Hülfsmittel der Induction und sieht jene Thatsache des Allgemeinen aus der Summirung des Einzelnen nur als die erste Stufe des inductiven Erkenntnissprocesses an, woran sich die Analysis der Erscheinungen als eine höhere Stufe anschliesst. Die Summirung des Einzelnen und die Analyse der Erscheinungen sind nur verschiedene Hülfsmittel der Induction, nicht aber verschiedene Methoden. Sollten sie dies sein, müsste in ihnen ein verschiedener Gedankengang herrschen, was selbst Trendelenburg nicht annehmen kann, da beide aus den gegebenen Erscheinungen ein Allgemeines entweder als eine Thatsache oder als einen Grund der Erscheinungen erkennen.

2. Von einem anderen Gesichtspunkte ausgehend, hat man neben der Induction noch ein zweites regressives Verfahren unterscheiden wollen. So nimmt Apelt [2] ein zweifaches regressives Verfahren an, die Induction und die Abstraction. Beide Methoden gehen von dem Besonderen zum Allgemeinen zurück, allein sowohl der Regressus, den sie anwenden, als auch das Allgemeine, das sie dadurch gewinnen, sei in beiden Methoden verschieden. Die Induction gelange nur zu Lehrsätzen, die Abstraction aber zu Grundsätzen, welche die Induction selbst schon voraussetze. Die Induction führe die Erkenntniss nur auf Prin-

[1] Logische Untersuchungen B. II. S. 210 u. f.
[2] Die Theorie der Induction S. 54 u. f.

cipien zurück, welche die Abstraction auffinde. Auch hinsichtlich ihres Verfahrens sollen sich beide unterscheiden, da die Induction die Gültigkeit eines Gesetzes aus vielen Fällen beweise, die Abstraction schon an einem einzigen Beispiele dasselbe nachweise. Auch in diesen Verschiedenheiten zwischen den Methoden der Abstraction und der Induction vermögen wir keinen hinreichenden Grund zur Annahme von zwei verschiedenen Methoden zu erkennen. Offenbar verhalten sich Induction und Abstraction nur als höhere und niedere Stufen desselben Erkenntnissweges, der schliesslich zu Grundsätzen und Principien, vorher aber zu Lehrsätzen führt. Die Grundsätze mögen immerhin *implicite* oder *explicite* bei den Lehrsätzen vorausgesetzt sein, durch einen Regressus sollen wir doch zu dem einen wie zu dem anderen Resultate gelangen. Auch dass für die Abstraction schon ein einzelner Fall genügt, für die Induction aber viele Fälle erforderlich sind, diese numerische Verschiedenheit kann doch keinen inneren Unterschied begründen. Die Thätigkeiten der Abstraction und der Zergliederung sind überdies auch für die Induction unentbehrlich. Es liegt aber diesen Unterscheidungen Apelt's ein Motiv zu Grunde, das, wenn es gleich nicht die Annahme eines zweiten regressiven Verfahrens neben der Induction begründet, doch noch besonders verdient hervorgehoben zu werden, weil es ein Problem der Induction betrifft, das, wie Einige meinen, von ihr nicht könne gelöst werden. Die höchsten Grundsätze und Principien des Erkennens setze die Induction schon immer voraus, sie könnten daher nicht durch sie gewonnen werden und müssten daher auf einem anderen als dem inductiven Wege erworben werden. Nun ist es allerdings wahr, dass die Induction in den besonderen Erfahrungswissenschaften jene höchsten Grundsätze und Principien des Erkennens voraussetzt und es überall nur mit Lehrsätzen und Gesetzen zu thun hat, die gleichsam in der Mitte stehen zwischen der Erfahrung selbst und jenen obersten Grundsätzen des Erkennens. Wollte man nun annehmen, dass dennoch die Induction auch das Verfahren sei, wodurch wir zur Erkenntniss der Grundsätze und Principien gelangen, so scheint es, dass wir uns in einen Widerspruch verwickeln. Denn sollten sie durch die Induction gefunden werden, müssten sie das letzte Ziel des inductiven Erkenntnissvorganges sein, dessen Mitte die besonderen Gesetze der Erfahrungswissenschaften und dessen Ausgangspunkt die Erfahrung selbst ist, und es müsste also jene Pyramide Bacon's der Grundriss aller inductiven Wissenschaften zusammen sein, wonach ihre Erkenntnisse aufgebauet werden. Alsdann aber würde es unmöglich sein einzuräumen, dass zugleich die Grundsätze und Principien Voraussetzungen der Induction seien, durch deren Gültigkeit sie selbst schon bedingt sei. Dass es sich aber doch factisch so verhält, ist keine Frage. Die Lehrsätze der einzelnen Erfahrungswissenschaften sind viel später entdeckt als die Grundsätze und Principien des Erkennens, weshalb es scheint, dass sie nicht auf dem inductiven Wege gefunden werden und dass demnach ein zweites regressives Verfahren zu ihrer Entdeckung nothwendig ist. Indess dieser Schluss ist doch voreilig. Denn daraus, dass jene Grundsätze der Inductionen der einzelnen Erfahrungswissenschaften schon vorhergehen, folgt doch nicht, dass sie nicht inductiv erkannt werden, sondern es folgt daraus nur, dass jenes Bacon'sche Schema

nur theoretisch, nicht aber praktisch der Grundriss der Induction ist. Vielmehr finden wir, dass die allgemeinsten Gesetze, welche die höchsten Stufen in Bacon's Pyramide einnehmen sollen, früher erkannt werden als die specielleren. Dies steht jedoch nicht mit dem Wesen der Induction, sondern nur mit jener abstracten Vorstellung von ihrem Fortschreiten im Widerspruch. Denn je allgemeiner ein Gesetz ist, um so umfangreicher ist auch das Gebiet der Erfahrung, woraus es erkennbar ist und wofür es gültig ist. Je specieller ein Gesetz ist, um so enger ist auch das Erfahrungsgebiet, das uns seinen Sinn eröffnet. Die allgemeinsten Gesetze sind aus jeder Erfahrung, die specielleren aber nur aus dem besonderen Inhalt gewisser Erfahrungen erkennbar. Was aus jeglicher Erfahrung erkennt werden kann, geht dem vorher, wozu besondere Beobachtungen und Experimente nothwendig sind, ohne deshalb auf einem im Wesentlichen anderen als dem inductiven Weg gewonnen zu sein. Jene allgemeinen Sätze der Mathematik und der Philosophie, welche aus jeder Erfahrung sich beweisen lassen, können daher sehr wohl den Inductionen der einzelnen Wissenschaften, die stets nur besondere Erfahrungsgebiete bearbeiten, zu Grunde liegen, ohne dass daraus folgt, dass sie nicht inductiv erkannt seien. Ist das Axiom, wie Leibniz sagt, den Exempeln incorporirt, so kann es auch aus einem einzelnen Beispiele erkannt werden, während die speciellern Gesetze viele Fälle fordern. Die Axiome sind immer früher Sätze gewesen als Grundsätze, wozu sie durch die Induction aus einzelnen Fällen erhoben worden sind. Wir kennen daher ausser der Induction kein anderes analytisches und regressives Verfahren der Wissenschaften, sie leistet Alles, was in den Wissenschaften durch die Sammlung der Thatsachen, die Analyse der Erscheinungen und den Regressus von den gegebenen oder aufgefundenen Thatsachen aus erkannt werden kann.

§. 57. Die Erfahrung besitzt Realität und Wahrheit und bildet daher in der Induction die positive Grundlage des Erkennens.

1. Die Induction macht die Erfahrung in der Ueberzeugung zur positiven Grundlage des Erkennens, dass sie selbst Wahrheit enthält, woraus andere Wahrheiten erkennbar sind. Sie kann nicht annehmen, dass durch die blosse Erfahrung schon alle Wahrheiten erkannt werden, wie der consequente Sensualismus meint, weil dann kein Grund zum Denken vorhanden ist und alle Methode der Erkenntniss und alle Wissenschaften nur den Zweck haben könnten, uns das Denken abzugewöhnen, damit wir dadurch nicht in der Erfahrung gestört werden. Ohne die Ueberzeugung von der Wahrheit der Erfahrung als Quelle des Erkennens würde die Induction jedoch kein vernünftiges Verfahren sein. Wenn unsere Wahrnehmungen insgesammt nur Täuschungen enthielten, so würde es eine Thorheit sein, Erfahrungen zu erwerben und zu sammeln, da dann mit ihrer Anhäufung nur die Hindernisse der Wissenschaftsbildung vermehrt würden. Wenn man meint, dass die Erfahrung nur Täuschungen enthält, so kann sie jedenfalls nicht den positiven, sondern nur einen negativen Anfang des Erkennens bilden, insofern diese Täuschungen und Widersprüche der Erfahrung noch das alleinige Motiv zum Denken und Mittel zum Erkennen

bilden, wobei man voraussetzt, dass die Wahrheit nur aus dem Irrthum und Widerspruche erkennbar sein könne. Die Erfahrung soll uns da nur einen Schein liefern, der uns anfänglich täuscht und befangen hält, zu Widersprüchen und Irrthümern verleitet, die jedoch nothwendig seien als Motive zum Denken und Mittel zum Erkennen der Wahrheit. An die Stelle der Induction tritt dann die dialektische Methode, welche diese Widersprüche auffinden und lösen soll, wie es bei Hegel und Herbart der Fall ist. Die Erfahrung bedeutet also in jedem Falle die Grundlage des Erkennens, für die Induction die positive, weil sie selbst Wahrheit enthält, für die Dialektik aber die negative, weil sie uns nur Täuschungen liefert. Für den Sensualismus ist sie aber nicht blos die Grundlage, sondern zugleich auch die Vollendung des Erkennens. Das Erste, worauf es bei der Induction daher ankommt, ist der Nachweis, dass und in welchem Umfange die Erfahrung Wahrheit hat.

2. Wir nehmen hier den Begriff der Erfahrung im engeren und eigentlichen Sinne, indem wir sie blos als eine Sammlung von Wahrnehmungen ansehen mit Ausschluss der Erklärung und Beurtheilung des Wahrgenommenen. Die Wahrnehmung enthält nur die erste Setzung eines Gegenstandes für das Bewusstsein, die Erklärung und Beurtheilung desselben ist aber nicht die Sache der Wahrnehmung selbst, sondern des Verstandes. Wir unterscheiden daher auch die Wahrheit der Erscheinungen, welche die Wahrnehmung uns liefert, von der Wahrheit des Begriffes, der aus der intellectuellen Vermittelung des Wahrgenommenen entsteht. Die Begriffe beruhen auf den Thätigkeiten des Denkens, welches sein Ziel treffen, aber auch verfehlen kann. Im Denken kann daher Wahrheit und Irrthum sein, die Wahrnehmung ist aber stets wahr, da sie nur auffasst, was den Sinnen durch die Einwirkung der Objecte auf sie gegeben wird. Die Empfindung ist eine naturnothwendige Thätigkeit, die unfehlbar eintritt, wenn die Bedingungen ihrer Entstehung gegeben sind. Das Denken aber ist eine freie Thätigkeit, die ihr Ziel treffen, aber auch verfehlen kann. In der Wahrnehmung selbst liegt daher keine Täuschung, die nur im Urtheile liegt, das zur Wahrnehmung hinzutritt oder sie begleitet. Wenn wir einen Gegenstand in einer gewissen Entfernung nothwendig doppelt sehen, so liegt in dem Sehen keine Täuschung, sondern nur in unserem Urtheile, falls wir, was der Sinn uns liefert, für zwei existirende Gegenstände halten. In der Interpretation und Beurtheilung des Wahrgenommenen können wir uns täuschen, in der Wahrnehmung selbst aber nicht. Denn sie liefert uns nur Erscheinungen, sagt aber direct nichts aus über das Sein des wahrgenommenen Gegenstandes an sich. Wenn uns ein Kreis von der Seite gesehen als ein Oval erscheint, so ist in dieser Wahrnehmung keine Täuschung, da wir ihn unter gewissen Umständen nothwendig so sehen, sondern nur in unserem Urtheil über die Existenz des so Wahrgenommenen können wir uns täuschen. Da alle sogenannten Täuschungen der Wahrnehmungen in dem Urtheile über die Realität und Idealität des Wahrgenommenen liegen, so sind einerseits nothwendig alle Wahrnehmungen wahr, sofern sie uns Phänomene liefern, und müssen wir andererseits alle Täuschungen als vermeidlich und rectificirbar ansehen, denn wir können stets unser Urtheil suspendiren und verändern. Lägen die Täuschungen in den Wahrnehmungen

selbst, so würden wir sie weder rectificiren, noch vermeiden, ja wir würden sie überall gar nicht einmal entdecken können, weil sie dann wie die Empfindungen selbst nothwendig entstehen würden. Die Erfahrung hat daher eine unmittelbare Gewissheit und Zuverlässigkeit.

3. Die Wahrheit der Erscheinungen liegt aber auch darin, dass sie eine Grundlage des Denkens bilden, woraus wir auf das Wesen der Dinge schliessen können. Sie bilden die allein sichere Grundlage des Denkens, welches den causalen, substantiellen und finalen Zusammenhang der Dinge nur aus den Erscheinungen zu erkennen vermag. Wenn diese selbst zweifelhaft und trügerisch wären, so würden auch alle Schlüsse aus den Erscheinungen ebenso unsicher und trügerisch sein. In diesen Schlüssen können wir uns wie in allem Denken irren, nicht aber in der Wahrnehmung der Erscheinungen. Selbst der verwegenste Skeptiker kann nicht daran zweifeln, dass er den Gegenstand doppelt sieht, der ihm so erscheint. Sie bilden daher eine unbezweifelbare Wahrheit. Direct unterrichten uns die Wahrnehmungen aber nur über diese Thatsache, wie der Gegenstand für das Bewusstsein gesetzt ist, nicht aber über sein Sein an sich. Dafür bilden sie aber das nothwendige Erkenntnissmittel, indem wir aus ihnen mit Recht durch die Vermittelung des Denkens auf das Wesen der Dinge schliessen. Wir schliessen stets aus den Wahrnehmungen auf das Sein der Dinge. Sollte dieser Schluss, wie Kant meinte, nicht zulässig sein, so würde danach auch die Wahrheit der Erscheinungen aufgehoben werden und alle Wahrnehmungen uns nicht Erscheinungen, sondern nur Täuschungen liefern, weil alsdann kein Zusammenhang wäre zwischen den Dingen, die uns erscheinen, und den Erscheinungen selbst. Erscheinungen kann es nicht geben ohne eine existirende Sache, die dem Bewusstsein durch die Wahrnehmungen sichtbar oder bekannt wird. Wenn aber dies der Fall ist, so muss man auch aus den Erscheinungen auf die Sache selbst schliessen können. Soll aber dieser Schluss nicht statthaft sein, so würde daraus folgen, dass die Erscheinungen Erscheinungen von Nichts, und also ein blos täuschender Schein wären. Die Wahrheit der Erscheinungen besteht also auch darin, dass sie für das Denken sichere Erkenntmittel sind für seine Absichten, das Wesen und den Zusammenhang der Dinge zu erkennen.

4. Die Erfahrung besteht aus Empfindungen, die aus der Einwirkung der Gegenstände auf die Sinne entspringen. Sie ist also abhängig von der Empfänglichkeit der Sinne. Diese Abhängigkeit hebt aber ihre Realität nicht auf. Die Sinne geben uns nur die Empfänglichkeit, die Erscheinungen wahrzunehmen, sie bringen sie aber selbst nicht hervor. Wenn die Sinne den Inhalt ihrer Empfindungen aus sich selbst nehmen, wie Kant und namentlich Fichte meinte, eine Meinung, die auch durch Joh. Müller Eingang in die Physiologie gefunden hat, so würden die Erfahrungen keine Wahrheit haben, da alsdann die Erscheinungen nur Producte der Sinne wären und keine Beziehung hätten auf die Gegenstände. Die Gegenstände würden dann erst durch die Sinne ihre Eigenschaften empfangen, oder vielmehr das Object der Sinne wäre nur ein Product ihrer Empfindungen. Wir würden uns also beständig täuschen, wenn wir die Erscheinungen der Gegenstände wahrzunehmen meinten, wo wir doch nur den

Schein unserer Empfindungen vor uns haben. Diese Meinung ist jedoch schon mit dem Begriffe des Erkennens in Widerspruch, da das Erkennen nicht seinen Gegenstand hervorbringt, sondern sein Dasein, womit es übereinstimmen soll, schon voraussetzt. Ein Erkennen, das seinen Gegenstand erst hervorbringt, erkennt ihn nicht. Allein diese idealistische Ansicht über die Sinne ist auch an sich nicht richtig. Denn kein Sinn wirkt spontan, sondern nur auf Erregung. Diese liegt nicht als eine blosse Hemmung des Denkens, wie Fichte meinte, in ihm, sondern ausser ihm. Wenn die Sinne nicht spontan, sondern nur auf Erregung von Aussen wirksam sind, so können die Sinne ihren Inhalt nicht aus sich entnehmen, und die Erscheinungen auch nicht allein hervorbringen. Durch den Gesichtssinn wird nichts hell und dunkel, sondern er giebt uns nur die Fähigkeit, wenn es hellt und dunkelt, dies zu empfinden. Wirken die Sinne nicht spontan, so können sie auch den Dingen nichts ertheilen, sondern nur empfinden und wahrnehmen, was den Sinnen durch eine Einwirkung gegeben wird. Wenn dies aber der Fall ist, so muss auch eine Correspondenz stattfinden zwischen den jedesmaligen Einwirkungen auf die Sinne und ihren Empfindungen. Jeder Sinn ist eine specifische Empfänglichkeit für gewisse Einwirkungen, sodass die Art der Einwirkungen und die Empfindungen sich entsprechen. Wenn wir mehr oder weniger oder andere Sinne besässen, als wir haben [1], so würden wir freilich auch eine andere Erfahrung besitzen, aber die Wahrheit der Erfahrung selbst wird nicht durch diese Abhängigkeit von der Empfänglichkeit der verschiedenen Sinne alterirt. Die Erscheinungen, welche sie uns liefern, zeigen nicht blos auf ein sinnliches Bewusstsein hin, ohne das sie nicht sind, sondern zugleich auch auf eine existirende Sache, durch deren Einwirkungen auf die Sinne derselben entsprechende Empfindungen entstehen. Da jeder Sinn eine verschiedene Empfänglichkeit für besondere Einwirkungen besitzt, weshalb es keinen allgemeinen, sondern nur besondere Sinne giebt, so giebt es so viele Erscheinungsarten der Dinge, als es Sinne giebt. Derselbe Gegenstand kann daher von uns in fünf verschiedenen Erscheinungsformen aufgefasst werden. Der Gegenstand an sich, der so fünffach verschieden den Sinnen erscheint, ist ein und derselbe für den Verstand, da er Eins in Vielem erkennt, jedem Sinne aber erscheint er anders. Würde man die fünf Erscheinungsformen als fünf Gegenstände ansehen, würde man sich täuschen, aber mit Unrecht diese Täuschungen den Sinnen zuschreiben, da sie nur die Erscheinungen auffassen und nicht über das Sein an sich urtheilen [2].

5. Unsere Erfahrung ist aber auch abhängig von dem Standpunkte des sinnbegabten Subjectes in der Auffassung der Phänomene, da nach der verschiedenen Stellung des Subjectes auch die Einwirkung auf die Sinne eine verschiedene ist. Daher erscheint uns ein Gegenstand in der Entfernung anders als in der Nähe, unter verschiedenen Umständen und Verhältnissen verschieden, was nicht zufällig, sondern nothwendig der Fall ist. Auch diese Abhängigkeit

---

[1] Lessing: Dass mehr als fünf Sinne für den Menschen sein können. Sämmtliche Schriften von K. Lachmann. B. XI.

[2] Vergl. Zeitschrift für Philosophie. Neue Folge. B. XVIII. S. 146.

hebt doch nicht die Realität der Erfahrung auf. Sie bewirkt wohl, dass jedes Subject nach seinem individuellen Standpunkte in Raum und Zeit auch Verschiedenes erfährt, aber hieraus folgt nur, dass alle empirische Erkenntniss eine besondere ist, nicht aber dass sie uns täuscht. Im Denken haben wir alle denselben Standpunkt, in der Erfahrung aber hat jeder seinen besonderen Standpunkt. Die Erfahrung ist aristokratisch, das Denken aber demokratisch. Wenn man bei der Erfahrung ihren besonderen Standpunkt ignorirt und für ein Allgemeingültiges nimmt, was doch stets nur ein Besonderes sein kann, so würde sie uns freilich stets täuschen, aber deshalb weil wir sie nach dem Principe des Denkens beurtheilen, wozu wir nicht berechtigt sind. Wird aber, wie das nothwendig ist, bei jeder Erfahrung und Beobachtung ihr Standpunkt mit angegeben, so enthält sie keine Täuschung, sondern Wahrheit. Man prüft daher auch die Richtigkeit einer Erfahrung durch die Veränderung des Standpunktes, denn was von dem einen nicht sichtbar ist, kann es von einem anderen sein. Wenn, wie eine einseitige idealistische Philosophie meint, mit der Veränderung unseres Standpunkts auch die Objecte sich verändern, so wäre in der Erfahrung keine Wahrheit, sondern nur Täuschungen. Allein es verändern sich dadurch nur die Auffassungen von den Erscheinungen der Dinge, nicht aber die Dinge, welche uns erscheinen. Das Erkennen verändert nicht die Sache, welche es erkennt. Der Idealismus, der dies meint, kann nie zur Wahrheit gelangen, da ein Erkennen, welches sein Object verändert, nie mit demselben übereinstimmen kann und daher sich selbst täuscht. Die Gegenstände der Erfahrung sind nur besondere in den Verhältnissen und Umständen, worin sie sich befinden, daher können auch die Erscheinungen, welche die Sinne auffassen nur besondere sein. Wenn man hiervon absieht, hat die Erfahrung keine Wahrheit, wohl aber wenn man sie nach ihren Wesen beurtheilt. Eine allgemeine Erscheinung ist überall nichts.

6. In jeder Empfindung liegt aber ausserdem das Bewusstsein, dass etwas vorhanden ist oder geschieht, das unabhängig von uns existirt, da kein Sinn spontan, sondern nur auf Erregung thätig ist. Daher liefert uns die Erfahrung Thatsachen und unterrichtet uns von Ereignissen und Veränderungen. Eine Mannigfaltigkeit einzelner veränderlicher Phänomene bildet daher den directen Inhalt der Erfahrung im engeren Sinne. Hierin hat man aber auch am meisten den Irrthum der Erfahrung zu erkennen geglaubt, indem man das Bewusstsein des Geschehens, der Veränderungen, welches die Erfahrung uns giebt, für einen Grundirrthum erklärte. Dies thun nicht nur die Systeme der Philosophie, welche nur ein unveränderliches Sein, sei es eines einzigen Wesens, oder einer Vielheit von Wesen, annehmen, sondern auch die Systeme, welche einen sich stets gleichbleibenden ewigen Process lehren [1]. Giebt es nach der Metaphysik des blossen Begriffes nur unveränderliches Sein, so ist die Erfahrung natürlich eine Täuschung, da sie uns, wie es scheint, nothwendig von Veränderungen, die nicht sollen stattfinden können, unterrichtet. Aber ein blosser Schein ist dies auch, wenn die blosse Begriffsphilosophie nur ein unbedingtes Werden ohne Anfang und Ende annimmt, das sich stets gleichmässig evolvirt, evolvirt hat

[1] Hegel, Phänomenologie des Geistes. S. 73 u. f.

und evolviren wird. Denn die Erfahrung kennt nur relative und keine absolute Veränderungen, sie kennt nur Veränderungen, worin etwas geschieht, aber keinen sich stets gleich bleibenden Process, worin in der That keine Veränderungen stattfinden. Das absolute Werden oder Leben unterscheidet sich von dem unveränderlichen Sein mehr dem Namen als der That nach, da es ohne Veränderung und Geschehen ist. Man muss sich daher auch hüten, das Bewusstsein der Erfahrung von einer veränderlichen Welt mit den philosophischen Lehren von dem sich stets gleichbleibenden ewigen Processe zu verwechseln. Dass auch diese Lehren die Erfahrung des Irrthums beschuldigen, ergiebt sich hieraus von selbst, da sie keine wahren Veränderungen, worin etwas geschieht, die nur einzelne und relative sind, zugeben kann. Diese Lehren bestreiten die Realität der Erfahrung, indem sie sie nach der Wahrheit der intellectuellen Erkenntniss beurtheilen. Was durch den Gedanken erkannt wird, gilt ihnen allein als wahr und existent, und da die Erfahrung nun etwas anderes erkennt, schliessen sie daraus, dass das durch sie Erkannte nur ein blosser Schein der Sinne sei, der den Gedanken zu Widersprüchen und Irrthümern verleitet. Diese angeblichen Widersprüche und Irrthümer, welche man der Erfahrung aufbürdet, liegen aber nicht in ihr selbst, sondern nur in der einseitigen Beurtheilung ihrer Realität nach der Wahrheit des metaphysischen Gedankens. Das Maass für die Wahrheit und Realität kann aber nur der ganze erkennende Geist, nicht aber ein Bruchtheil von ihm sein. So wenig der Sensualismus berechtigt ist, die Wahrheit des Gedankens nach den blossen Sinneseindrücken zu bemessen, so verkehrt ist auch das rationalistische Vorurtheil, nur das als wahr anzuerkennen, was durch den Gedanken erkannt wird, und deshalb für einen blossen Schein auszugeben, was die Erfahrung erkennt. Wie aber der empfindende und denkende Geist der selbe ist, so ist es auch nothwendig, die Wahrheit und die Realität nach der Uebereinstimmung der Empfindungen und der Gedanken zu beurtheilen, verkehrt aber ist es, das eine blos nach dem andern zu bemessen. Es folgt die blosse Idealität der Erfahrung nicht daraus, dass sie nicht wie der metaphysische Gedanke ein unveränderliches Sein oder einen sich stets gleichbleibenden ewigen Process uns zu erkennen giebt, sondern im Gegentheil thatsächliche Veränderungen bezeugt. Aus dem blossen Begriffe des Seins folgt nicht, dass nur Unveränderliches oder nur ein sich gleichbleibender Process existirt, da die Erfahrung uns auch das Bewusstsein von Veränderungen giebt, deren Existenz sich doch nicht leugnen lässt. Denn wer die Erfahrung, weil sie uns ein Geschehen und Veränderungen zeigt, für einen Grundirrthum hält, muss ausser der Wahrheit, die er anerkennt, auch noch die Existenz dieses Irrthums anerkennen, da er das einzige Motiv zum Denken und das einzige Mittel zum Erkennen sein soll. Den Schein einer Veränderung in unserem Denken kann man nicht leugnen, wenn man sie bestreitet und ihn als den nothwendigen negativen Anfang des Erkennens fordert. Der Schein aber, der eine nothwendige Existenz hat, ist kein Irrthum, sondern eine Wahrheit. Die Thatsache der Veränderungen können also Die nicht leugnen, welche sie für einen nothwendigen Schein erklären. Ohne die Wahrnehmung von Veränderungen, von einem Geschehen von Ereignissen oder Thatsachen giebt es keinen Anfang der Wissen-

schaften, da sie das Räthsel sind, das alle lösen wollen. Sie sind das Gegebene, warum wir denken, das erklärt, begründet und richtig beurtheilt werden soll. Den positiven Anfang der Wissenschaften bilden sie und ermöglichen ein inductives Verfahren, da die Erfahrung Wahrheit hat. Für einen blos negativen Anfang aber gelten sie, wenn sie nur einen Schein liefern, der zu nothwendigen Widersprüchen und Irrthümern führt und nur ein dialektisches Verfahren zulässt. Diese sogenannten nothwendigen Widersprüche des empirischen Denkens können aber durch keine Künste des Denkens entfernt werden, da sie nothwendig mit jeder Erfahrung von neuem entstehen und die Wissenschaft, statt endlich zur Wahrheit zu führen, bleibt nur ein Gemisch von Wahrheit und nothwendigen Irrthümern, wo es von der Willkür unseres Standpunktes, nämlich dem der Erfahrung oder des Denkens abhängt, was wir als Wahrheit und als Irrthum ansehen wollen, da auf dem einen Standpunkte als Wahrheit gilt, was auf dem andern für einen nothwendigen Irrthum erklärt wird. Die Dialektik, welche in der Erfahrung nur einen negativen Anfang des Erkennens hat, gelangt daher nie zur Wahrheit. Die Induction aber darf hoffen, dass sie durch die Vermittelungen des Denkens die Wahrheit erlangen wird, indem sie mit Recht der Erfahrung trauet und ihre Wahrheiten zum positiven Anfang des Erkennens macht.

§. 58. Die inductive Vermittelung umfasst theils die Sammlung der Erfahrung, theils ihre intellectuelle Verarbeitung. Eine geordnete und vollständige Sammlung von Erfahrungen wird nur durch die Kunst der Beobachtung und des Experiments erreicht.

1. Da die Induction aus der Erfahrung das Wesen der Dinge erkennen will, so ist zur Erreichung dieses Zweckes zweierlei zu leisten: theils die Erwerbung und Sammlung der Erfahrung, theils ihre intellectuelle Verarbeitung. Daher kann man auch zwei Grade inductiver Vermittelungen unterscheiden: die Sammlung der Erfahrung und die Erkenntniss der Naturgesetze aus der Erfahrung. Die Erfahrung bildet die Grundlage der Induction. Wir unterscheiden aber eine doppelte Erfahrung: die gemeine, welche der Wissenschaftsbildung vorhergeht, und die durch die Wissenschaft selbst erworbene. Die gemeine Erfahrung, die ohne wissenschaftlichen Zweck von selbst sich darbietet, genügt jedoch nicht den Anforderungen der Induction, denn sie enthält theils nur vereinzelte und zufällige Wahrnehmungen, theils wird meistens in ihr die Meinung über das Empirische mit dem Empirischen selbst verwechselt. Soll die Empirie eine sichere Grundlage des Erkennens bilden, so muss die gemeine Erfahrung in beiderlei Rücksicht ergänzt werden. In der Induction kommt es zuerst darauf an, reine Thatsachen zu gewinnen, welche die Data der Erklärungen und Urtheile bilden. Da aber das Thatsächliche in der gemeinen Erfahrung mit den Meinungen über das Wahrgenommene ungeschieden verschmilzt, so kann die Induction die gemeine Erfahrung nicht ohne Kritik verwenden. Das eine muss von dem andern geschieden werden, damit zuerst das thatsächlich Gegebene rein gewonnen wird.

2. Aber auch die vereinzelten und zufälligen Wahrnehmungen, welche die gemeine Empirie überliefert, erfordern eine Ergänzung. Denn die Erfahrung, worauf die Induction sich gründen soll, muss aus einer geordneten und möglichst vollständigen Sammlung von Wahrnehmungen bestehen, wie die gemeine Erfahrung, die ohne wissenschaftlichen Zweck entsteht, sie nicht liefert. Eine solche Sammlung wird nur durch eine methodisch angestellte Erfahrung gewonnen. Erfahrungen aber für wissenschaftliche Zwecke methodisch erwerben und sammeln heisst beobachten und experimentiren. Durch die Künste der Beobachtung und des Versuches muss daher die gemeine Erfahrung ergänzt werden, damit eine geordnete und vollständige Sammlung von Wahrnehmungen gewonnen wird. Wenn die Thatsachen entdeckt und aufgestellt worden sind, bilden sie die Grundlage für die höhere Erkenntniss, welche die Induction daraus gewinnen will. Aber die Thatsachen sind nicht schon im voraus gegeben und aufgefunden, sondern müssen erst durch die Induction selbst entdeckt werden. Auch die inductive Wissenschaft muss ihr Gebäude vom Grunde auf selbst bauen und namentlich ein sicheres Fundament legen, wenn sie zu wahren Erkenntnissen gelangen will. Die Erfahrung aber ist das Fundament, das sie auch selbst legen muss. Die Erfahrung preisen alle; auf sie berufen sich alle Parteien, womit sie in Uebereinstimmung sich befinden wollen. Indess nicht die gemeine Empirie, die nur vereinzelte und zufällige Wahrnehmungen vermischt mit Meinungen über das Gegebene liefert, sondern erst die wissenschaftlich bewährte, welche eine geordnete und möglichst vollständige Sammlung reiner Thatsachen enthält, dient der Induction zum sicheren Fundamente.

3. Der Verstand beobachtet und experimentirt, nicht aber der Sinn. Die Sinne nehmen wahr, wie es sich trifft, der Verstand aber beobachtet nach den Zwecken der Erkenntnisse, die er verfolgt. In jeder Beobachtung ist daher auch schon ein Gedanke enthalten, wodurch die Aufmerksamkeit der Sinne in der Wahrnehmung der Erscheinungen geleitet wird. Ohne einen leitenden Gedanken ist die Beobachtung eine blos zufällige Wahrnehmung der Sinne. Da in der Beobachtung die Sinnesthätigkeit durch den Gedanken geleitet wird, gilt sie mit Recht für eine Kunst, die nur durch Uebung allmählich erlangt wird. Diese Kunst setzt jedoch wie jede andere Kunst, eine Naturanlage und zwar in gesunden und kräftigen Sinnen voraus, ohne die sie nicht bethätigt werden kann. Doch ist das Sehen und Hören selbst keine Kunst, sondern eine blos naturnothwendige Thätigkeit. Die Kunst der Beobachtung gehört dem Gedanken an, der die Aufmerksamkeit der Sinne in der Wahrnehmung der Erscheinungen leitet. Erst dadurch erhalten die Sinne ihre bestimmte Richtung auf den zu beobachtenden Gegenstand, die sonst nach allen Seiten zerstreut wird. Da durch die Beobachtung ein Kreis von Erscheinungen aus dem gesammten Erfahrungsgebiete abgesondert und fixirt wird, so liegt auch in jeder Beobachtung zugleich eine Abstraction von gewissen anderen Erscheinungen, wovon die Aufmerksamkeit abgelenkt ist. Die Beobachtung setzt auch schon einen vorläufigen Begriff von dem Gegenstande voraus, dessen Erscheinungen durch sie untersucht werden sollen, wodurch nicht nur die Realität jenes Begriffes geprüft, sondern auch bestimmt werden soll, in wieweit eine Erweiterung oder eine Einschränkung desselben

nothwendig ist. Indem aber dies geschieht, bildet die Induction ihre Begriffe selbst aus der Erfahrung. Denn jene vorläufigen Begriffe, welche der Beobachtung selbst schon zu Grunde liegen, sind für sie gerade nur vorläufige Begriffe und werden erst zu wirklichen und wahren Begriffen durch die Beobachtung selbst. Erst dadurch wird die Realität und der Anfang derselben bestimmt.

§. 59. Von der Beobachtung fordern wir Treue und Vollständigkeit. Die verborgenen Erscheinungen der Dinge werden durch instrumentale und experimentelle Forschung Gegenstand der Beobachtung. Das Ergebniss der Beobachtung ist die Beschreibung. Ohne Hypothesen giebt es keine Induction.

1. Wenn die Beobachtung aber zu diesem Resultate gelangen soll, muss sie gewissen Forderungen genügen, die an sie gestellt werden. Da die Beobachtung ein zusammengesetzter Erkenntnissprocess des Denkens und des Wahrnehmens ist, muss der Beobachter sich stets bewusst sein des Unterschiedes zwischen dem Denken und dem Wahrnehmen und was durch die eine und die andere Thätigkeit erkennbar ist, indem er sonst beides mit einander verwechselt und dadurch zu Täuschungen verleitet wird. Die Beobachtung soll ferner den Gegenstand nehmen, wie er sich giebt und nichts von dem Eigenen an Urtheil, Begriff, Phantasie hinzusetzen. Sie fordert daher auf der einen Seite Hingabe an den Gegenstand, damit er auf die Sinne wirken kann, und auf der anderen Seite Vorurtheilslosigkeit, d. h. Zurückhaltung des Urtheils, bis der Process des Wahrnehmens rein sich vollzogen hat. In der letzteren Forderung scheint freilich ein Widerspruch insofern enthalten zu sein, als jede Beobachtung schon einen vorläufigen Begriff von dem zu untersuchenden Gegenstande nothwendig voraussetzt, weshalb sie schon, wie es scheint, in einer vorgefassten Meinung stattfindet, was jene Forderung der Vorurtheilslosigkeit geradezu untersagt. Allein die Forderung der Ablegung aller vorher gefassten Meinungen hat nur den Sinn, dass der Beobachter weiss, dass der Beobachtung schon stets ein vorläufiger Begriff vorhergeht und er diesen nicht schon als fertig und realisirt vor der Untersuchung ansieht. Diese verschiedenen Forderungen, denen die Beobachtung nachkommen soll, lassen sich nun in der einen der Treue der Beobachtung zusammenfassen, denn um getreue Beobachtungen zu gewinnen, welche die Thatsachen, wie sie sind, auffassen, werden alle übrigen Forderungen von dem Beobachter übernommen.

2. Eine zweite Forderung, welche an die Beobachtung gestellt wird, betrifft ihre Vollständigkeit. Diese Forderung lässt sich nur realisiren durch die Sammlung von Beobachtungen. Denn jede Beobachtung liefert für sich nur eine einzelne, aber keine vollständige Erkenntniss von ihrem Gegenstande, was seinen Grund hat theils in der Einrichtung unserer Sinne, theils in der Natur der Dinge. Denn das, was an sich keine simultane, sondern nur eine successive Existenz hat, wie die Bewegung und das Leben, die Entwickelung und das Geschehen, kann vollständig von uns beobachtet werden nur durch eine Samm-

lung von Wahrnehmungen, deren jede nur ein Moment des Ganzen zum Bewusstsein bringt. Aber auch das, was simultan existirt, vermögen wir nach der Einrichtung unserer Sinne doch nur durch ein successives und gesammeltes Wahrnehmen vollständig aufzufassen. Denn weil unsere Sinne nur auf momentane äussere Erregung empfinden, ist jede Wahrnehmung auch nur ein Fragment des Erkennens. Die Anschauung vermag deshalb mit einem Blicke keinen Gegenstand vollständig aufzufassen. Nur indem wir successive einen Gegenstand von verschiedenen Seiten, nach verschiedenen Momenten wahrnehmen und diese Wahrnehmungen sammeln, gewinnen wir eine mehr oder weniger vollständige Anschauung. Alle Gesammtvorstellungen, die aus der Beobachtung hervorgehen, sind Sammlung einzelner successiver Wahrnehmungen. Es liegt also in der Natur der Dinge und in der Einrichtung unserer Sinne, dass die Vollständigkeit der Beobachtung nur durch ihre Sammlung erreicht werden kann. Könnten wir mit einem Blicke die Gesammtheit des Wirklichen ergreifen, brauchten wir keine Sammlung von Wahrnehmungen. Der Mensch aber besitzt kein solches Anschauungsvermögen, das ihn der Mühe des successiven und gesammelten Anschauens enthöbe.

3. Dem Verfahren der Beobachtung liegt die Ueberzeugung zu Grunde, dass Alles, was existirt, auch der Erkenntniss werth ist. Für die wissenschaftliche Empirie giebt es nichts Geringfügiges, sondern ist jede Erscheinung beachtenswerth. Was das tägliche Leben in seiner Geschäftigkeit übersieht, hat für die Induction noch Interesse. Denn sie will aus dem Gegebenen der Empirie erkennen und betrachtet daher jede Erscheinung als bedeutungsvoll, da die Erscheinungen auf das Wesen hinweisen, das aus der Wahrnehmung erforscht werden soll. Die Erscheinungen offenbaren nicht sich, sondern die Sache, deren Erscheinungen sie sind. Die Erscheinung ist kein blosser Schein, der das Wesen der Dinge verhüllt, sondern ein Schein, der dasselbe enthüllt. Daher ist alle Existenz der Erkenntniss werth und wird in der Induction Alles, was existirt, Gegenstand der Beobachtung.

4. Dass aber Alles Gegenstand der Beobachtung wird, hängt von mehrfachen Bedingungen ab, denn den Sinnen ist nicht Alles direct sichtbar. Was den Sinnen direct sichtbar ist, wird ein Gegenstand der Beobachtung, wenn wir unsere Gedanken auf die Eindrücke der Sinne lenken. Es genügt dies aber nicht in den Fällen, wo etwas den Sinnen direct sich nicht offenbart. Dies sind die sogenannten verborgenen Erscheinungen und Vorgänge der Natur. Sollen auch diese Erscheinungen beobachtet werden, müssen sie den Sinnen erst selbst sichtbar gemacht werden, was nur möglich ist durch unsere praktische Thätigkeit, die in diesen Fällen selbst ein Mittel wird für die theoretische des Erkennens. Es dient dazu zweierlei: die Erfindung und der Gebrauch von Instrumenten und die Anstellung von Experimenten. Ihr Zweck liegt darin, die verborgenen Erscheinungen der Natur sichtbar zu machen, damit wir sie beobachten können. Verborgen sind diese Erscheinungen indess nur in einem relativen Sinne, indem sie den Sinnen ohne unsere praktische Behandlung der Naturobjecte unsichtbar bleiben, durch dieselbe aber sichtbar werden. Relativ unsichtbar ist uns etwas entweder durch seine Grösse oder durch seine Lage, oder durch sein causales Verhältniss. Damit dies wahrnehmbar wird, müssen wir daher Instrumente

anwenden, welche die Grösse oder die Lage der Naturgegenstände zweckmässig verändern. Wenn uns aber etwas durch sein causales Verhältniss verborgen bleibt, sind Experimente erforderlich, welche entweder durch Combination oder durch Isolation die Naturobjecte nöthigen, sich uns zu offenbaren und ihre Geheimnisse an den Tag zu legen. Wir versuchen da durch ein praktisches Eingreifen die Naturprocesse so zu leiten, dass Erscheinungen, welche wegen ihrer Complexion sonst unwahrnehmbar bleiben, durch Isolation wahrnehmbar werden, oder dass Erscheinungen durch eine Combination entstehen, die ausserdem nicht eintreten würden. Die Erfindung und der Gebrauch der Instrumente, sowie die Anstellung von Experimenten setzen jedoch selber schon theoretische Kenntnisse der Natur voraus und sind keine Sache der blossen Erfahrung. Die Fortbildung der praktischen Hülfsmittel der Beobachtung steht vielmehr in Verbindung mit der Ausbildung der Naturerklärung. Beides steht in Wechselwirkung mit einander. Die experimentale und instrumentale Methode der Naturforschung ist selbst ein Ergebniss der Theorie. Die Erfahrung wird da um so mehr eine Quelle von Erkenntnissen, je mehr die Kunst sich vervollkommnet, aus dieser Quelle zu schöpfen. Wohl kann Jemand zur Noth seinen Durst befriedigen, wenn er mit der Hand Wasser schöpft, besser aber ist es, wenn er sich vorher mit einem zweckmässigen Gefässe dazu versieht. So verhält es sich auch mit der Erfahrung, woraus wir Erkenntnisse schöpfen. Soll diese Quelle ergiebig werden, muss der Verstand erst Instrumente aller Art erfinden, um damit Erkenntniss aus der Erfahrung zu gewinnen. Denn die Sinne für sich genügen nicht, da sie selbst nicht unterscheiden, sondern alle Eindrücke, die sie empfangen, ungesondert aufnehmen. Auch die verborgenen Erscheinungen der Natur wirken auf die Sinne und sind in ihnen, aber sie bemerken sie nicht, weil sie Alles verworren auffassen. Erst der Gedanke scheidet und verbindet, was die Sinne empfangen und aufnehmen. Die Sinne aber müssen dazu doch prädisponirt sein, sie sind dies jedoch nicht in allen Fällen in gleicher Weise. Wo sie es nicht sind, hilft die experimentale und instrumentale Methode dem Gedanken sein Werk vollbringen. Nach einem alten Axiom erkennen wir vollständig nur das, was wir selbst hervorbringen können. Was wir nicht zu machen verstehen, davon besitzen wir auch keine vollkommene Einsicht.

5. Die Beobachtung, indem sie die Thatsachen sammelt, setzt uns in den Stand, eine mehr oder weniger vollständige Beschreibung von einer Sache zu geben nach allen Merkmalen, die daran aufgefunden worden sind. Die Beschreibung ist das Ergebniss der Beobachtung und eine Kunst des inductiven Forschens. Sie bildet das Fundament der inductiven Begriffsbildung. An sich ist sie aber nur ein relativer Zweck der Induction, da sie nur ein Mittel ist, um zur Erklärung der Thatsachen zu gelangen, welche das Ziel der Induction ist. Die Beschreibung ist eine Sammlung des Mannigfaltigen, welches das Material hergiebt für die Thätigkeit des Denkens. Sie enthält wo möglich alles Bemerkbare, aber keine Abschätzung desselben nach der Bedeutung für das Wesen der Dinge und ihren causalen Zusammenhang, der daraus erst durch das Nachdenken aufgefunden werden soll. Was aber durch den Gedanken so gefunden werden soll, liegt doch der Beobachtung gewissermassen schon selbst zu Grunde. Denn

alle Beobachtung und jedes Experiment setzt schon einen vorläufigen Begriff über den Gegenstand voraus, dessen Erscheinungen sie wahrnehmen wollen. Diese vorläufigen Begriffe sind die Hypothesen der Induction. Ohne alle Vermuthung und Voraussetzung über den causalen und substantiellen Zusammenhang der Erscheinungen, welche die Beobachtung sammelt, giebt es keine wissenschaftliche Empirie. Der Induction untersagen, Hypothesen zu machen, heisst die Induction verwerfen. Sollen Hypothesen nicht zulässig sein, so müssen wir entweder bei dem Gegebenen der Empirie stehen bleiben, ohne es zu erforschen, wo die Erscheinungen überdies mehr zum Ergötzen als zur Belehrung dienen; oder angeborne Wahrheiten annehmen, die auch ohne wissenschaftliche Untersuchung als blosse Gedanken Gültigkeit haben. Wenn das Gegebene der Empirie uns aber zur Untersuchung antreibt und die Erkenntniss der Wahrheit nur das Ergebniss der Forschung sein kann, so sind auch Hypothesen nothwendig und gehören wesentlich zum methodischen Denken. Alle Hypothesen sind jedoch nur ungelöste Probleme oder Gedanken, von denen noch nicht ausgemacht ist, ob sie mit dem Sein übereinstimmen oder nicht. Verkehrt würde es nur sein, die Hypothesen nicht als Probleme, sondern selbst als Ergebnisse der Forschung anzusehen. Da würden sie jedoch nicht blos ein Mangel, eine Unvollkommenheit des Denkens sein, den wir durch weitere Forschung zu ergänzen suchen, sondern Irrthümer, nämlich Verwechslungen des Anfangs mit dem Ende des Denkens. Die Hypothesen aber sind Probleme, die nicht durch ihre Stellung, sondern erst durch die Vermittelungen des Denkens gelöst werden. Es ist die Sache der Vermittelungen des inductiven Denkens, aus den Hypothesen allgemeine Wahrheiten zu machen. Wo dies nicht gelingt, müssen sie aufgegeben werden als verfehlte Voraussetzungen der Beobachtung, dafür aber andere an die Stelle gesetzt werden, bis sich solche finden, welche das Denken zu allgemeinen Wahrheiten zu erheben vermag.

§. 60. Die Erklärung der Phänomene geschieht durch die Erkenntniss ihres Zusammenhanges, welche bedingt ist durch die Analyse der Phänomene und das indirecte Verfahren der Ausschliessung des Ausserwesentlichen. Die Richtigkeit der Erklärung ermisst ihre Umkehrung und ihre Fruchtbarkeit.

1. Die Erklärung der Phänomene besteht in der Erkenntniss ihres Zusammenhanges. Wo kein Zusammenhang ist, ist auch keine Erklärung möglich. Jedes Gesetz spricht nur den Zusammenhang aus, worin die eine Erscheinung mit der anderen steht. Der Zusammenhang der Erscheinungen wird aber intellectuell erkannt. Wir unterscheiden daher auch von der Sammlung der Beobachtungen ihre intellectuelle Verarbeitung, worin der zweite Grad inductiver Vermittelungen besteht. Man darf sich aber nicht vorstellen, dass in dem inductiven Erkenntnissvorgange selbst beides ausser einander liege. Dies ist nicht der Fall. Die intellectuelle Vermittelung ist vielmehr der Beobachtung, der experimentellen und instrumentalen Forschung immanent. Eins wirkt da beständig auf das andere ein, die Wahrnehmung auf ihre intellectuelle Vermittelung und der Gedanke auf die Beobachtung. Nur für unsere theoretische

Betrachtung über das inductive Verfahren sehen wir uns genöthigt, die eine Seite von der anderen zu unterscheiden, die im wirklichen Erkenntnissvorgange mit einander verbunden, zusammenfallen.

2. Der Zusammenhang der Phänomene, worin ihre Erklärung besteht, ist aber nicht das Gegebene der Empirie, sondern das, was aus ihr erst aufgefunden werden soll. Das Gegebene sind nur die einzelnen Thatsachen, welche die Beobachtung möglichst vollständig sammelt. Das Denken bringt aber durch die Unterscheidung und Verbindung der Thatsachen ihren Zusammenhang zum Bewusstsein. Die Thatsachen können jedoch nicht so, wie die Erfahrung sie liefert, ohne Unterschied mit einander zu einer Einheit verbunden werden. Daraus würden nur verworrene Vorstellungen, nicht aber klare und deutliche Begriffe entstehen. Könnte Alles, ohne Unterschied, mit einander verbunden werden, würde es in der Natur keine Gesetze, in unserem Verstande aber keine Begriffe geben. Die Gesetze und Begriffe drücken nichts anderes aus, als Einheit in der Verbindung der Thatsachen. Sie sind das Allgemeine, welches die Induction aus den mannigfaltigen einzelnen Thatsachen durch ihre Zusammenfassung erkennen will. Dieser Synthesis geht aber in der Induction die Analyse der Phänomene nothwendig vor. Die Induction scheidet, um verbinden zu können. Denn die mannigfaltigen Beobachtungen, welche wir sammeln, enthalten verschiedenartige Bestimmungen, die nur zum Theil sich mit einander verbinden lassen, zum Theil aber sich ausschliessen. Die relativen und veränderlichen Bestimmungen, welche den Dingen nur unter besonderen Umständen zukommen, schliessen sich gegenseitig aus und können nicht mit einander verbunden gedacht werden wie die bleibenden Merkmale, welche nicht von besonderen Umständen abhängig sind. Daher muss eine Unterscheidung und Beurtheilung dieser Bestimmungen ihrer Verbindung vorhergehen. Diese unterscheidende Thätigkeit des Denkens ist aber schon in der Beobachtung selbst wirksam. Schon in jeder Beobachtung liegt eine Unterscheidung. Wo durch künstliche Mittel der experimentellen und instrumentalen Forschung eine wirkliche Zerlegung der Naturobjecte stattfindet, dient sie auch dem Gedanken zur Analyse der Phänomene.

3. An die Analyse schliesst sich ferner an das indirecte Verfahren der Induction. Denn um die Naturgesetze zu erkennen, muss Alles von den Gegenständen ausgeschlossen werden, was ihnen nicht wesentlich ist. Dies besteht aber in den relativen und veränderlichen Bestimmungen, die von besonderen Umständen abhängig sind. Darüber herrschen wohl die Naturgesetze, dasselbe macht aber nicht ihren Inhalt aus. Es ist eine Aufgabe der Beobachtungskunst, die Umstände aufzufinden und zu variiren, unter denen die relativen und veränderlichen Phänomene, die nicht mit einander verbunden gedacht werden können, hervortreten, damit der Gedanke sie aussondern kann. Dies indirecte Verfahren ist aber nicht blos ein negatives, sondern führt auch zu positiven Resultaten, indem das, was sich nicht mehr excludiren lässt, das Bleibende und Allgemeine ist, welches den Gegenständen wesentlich zukommt und das den Inhalt der Naturgesetze und der Begriffe bildet.

4. Die Thatsachen mit einander zu verbinden, gelingt daher erst, nachdem sie von einander unterschieden und das blos Relative und Veränderliche an

ihnen excludirt ist. Diese Operationen des Denkens sind aber stets durch die Sammlung und Vollständigkeit der Beobachtungen bedingt. Nicht mit Unrecht sagt man von der Induction, dass sie durch die Aufzählung des Einzelnen erkennt. Je vollständiger die Sammlung der Beobachtungen ist, um so eher gelingt die Erkenntniss des Allgemeinen. Die verschiedenen Fälle der Beobachtung erleichtern die Operationen des Denkens, da, was an dem einen Falle nicht gelingt, an dem andern sich vollzieht. Das Durchgehen aller Beobachtungsfälle ist jedoch keine blosse Aufzählung, wie die Enumeration eines Regimentes Soldaten, sondern zugleich eine Generalisirung durch die Verbindung des Bleibenden und die Scheidung des Ausserwesentlichen. Die Operationen des Denkens, wodurch das Allgemeine gefunden wird, können indess auch in einem Beobachtungsfall gelingen. Wenn eine solche Anschauung sich findet, woran der Begriff der Sache sich aufklärt, so dient sie als Norm für alle Fälle. Sie enthält das so genannte Urphänomen, was aufzusuchen von Einigen als die allgemeine Regel der Induction empfohlen wird. Dass ein Beobachtungsfall oft mehr leistet, um zu sicheren Ergebnissen zu gelangen, als viele andere, ist gewiss. Dennoch sind die Resultate der inductiven Vermittelungen wesentlich durch die vollständige Sammlung der Beobachtungen, ihre Aufzählung und ihr sorgfältiges Durchgehen bedingt. Die Inductionen aus einer exemplarischen Anschauung führen meistens nicht zu universellen Begriffserklärungen oder zu Gesetzen, welche die ganze Mannigfaltigkeit der Phänomene umfassen. Sie führen meistens nur zur Erklärung durch Exemplificationen, die, wenn sie universell gelten sollen, doch noch der Sammlung, der Aufzählung und der Durcharbeitung der übrigen Beobachtungsfälle bedürfen. Wo es der Induction nicht gelingt, die umfassenden Gesetze, die universelle Begriffserklärung zu finden, hat das seinen Grund entweder in der noch unvollständigen Sammlung der Beobachtungen, oder in der Bevorzugung einer Anschauung, die als Exempel für alle dienen soll, oder in der mangelhaften Ordnung der Beobachtungsfälle, welche nicht richtig unterschieden und verbunden sind. Dadurch wird die Induction wieder zurückgewiesen auf die Ergänzung der Beobachtung und ihre wiederholte intellectuelle Vermittelung.

5. Als Kriterion für die Richtigkeit einer Erklärung geben die Logiker die Möglichkeit ihrer Umkehrung an. Lässt die Erklärung sich nicht umkehren, so ist sie entweder zu eng oder zu weit oder confus, und bedarf daher der Ergänzung nach den beiden Seiten der inductiven Vermittelung. In diesem Kriterion liegt das Richtige, dass jede Erklärung eine Gleichstellung ist. Jedes Ding kann an seine eigne Stelle gesetzt werden, woraus jedoch nur Erklärungen *per idem* entstehen. Könnte nicht auch eins an die Stelle des anderen gesetzt werden, würde es gar keine anderen als identische Erklärungen geben können und würde daher auch alles schlechthin unvergleichlich sein und zusammenhangslos existiren. Die Möglichkeit der nicht blos identischen Erklärungen beruht auf dem Zusammenhang der Phänomene und der Gleichstellung der Dinge. Schlechthin kann freilich kein Ding an die Stelle des andern gesetzt werden, aber es kann an die Stelle eines verbundenen Allgemeinen und Besonderen gesetzt werden. Darauf beruht die logische Lehre, dass alle Erklärung geschehe durch die Angabe des *genus proximum* und der *differentia specifica*, welche beide verbunden an die

Stelle des Erklärten gesetzt werden können. Die Erklärung der Phänomene geschieht nicht durch ihre Auflösung und Scheidung, sondern durch ihre Verbindung und Gleichstellung. Die Auflösung der beobachteten Merkmale hat nur den Zweck, die relativen, veränderlichen, negativen auszuscheiden, um die bleibenden und positiven festzuhalten und mit einander zu verbinden. Wenn wir Alles von einander scheiden, muss das nachbleiben, was sich nicht mehr von einander sondern lässt, das nur verbunden mit einander gedacht werden kann und daher auch relativ für einander substituirt werden kann. Nun scheint es wohl, als ob es nur von der Willkür und der Abstractionsfähigkeit des Gedankens abhängig wäre, wie weit er den Process der Analyse fortsetzen will. Auch fehlt es nicht an metaphysischen Lehrsätzen, die allein in einer solchen Willkür des Gedankens eine Begründung haben; die meinen, die Natur liesse sich nicht begreifen, wenn nicht die gesammte Erscheinungswelt vorher wenigstens im Gedanken in ein völliges Chaos aufgelöst wäre. In Wahrheit ist das aber doch nicht der Fall. Denn der Process der Scheidung endet bei den Naturgesetzen, die den nothwendigen Zusammenhang der Phänomene denken, ohne den sie auch überall nicht gedacht werden. Führte die Auflösung wirklich auf ein Chaos ohne Naturgesetze, so würde alle Erklärung der Phänomene vergeblich sein, da alsdann ihr Zusammenhang, ihre Verbindung und Gleichstellung nicht nothwendig, sondern nur willkürlich und zufällig wären.

6. Die Universalität und Gültigkeit einer Erklärung wird aber nicht blos nach dem angegebenen formalen Kriterion der Logik, sondern in der Induction vorzüglich nach ihrer Fruchtbarkeit beurtheilt. Diese besteht darin, dass die Erklärung sich gültig erweiset nicht blos für die Erscheinungen, woraus sie direct inducirt worden ist, sondern auch für Phänomene, die erst später aufgefunden worden sind, jedoch unter denselben Begriff fallen. So wird die Gültigkeit der Gravitationstheorie auch dadurch bestätigt, dass daraus auch die Störungen in den Planetenbewegungen sich erklären lassen. Die Fruchtbarkeit einer Erklärung beweist daher ihre universelle Gültigkeit. Der inductive Erkenntnissprocess erreicht daher erst durch die Auffindung solcher Erklärungen seinen Abschluss, die anwendbar sind auch auf die Phänomene, welche selbst die anfängliche Beobachtung, woraus die Erklärung geschöpft worden ist, nicht gesammelt hat. Dadurch wird bewiesen, dass der Process des scheidenden und verbindenden Denkens richtig vollzogen worden ist an der selbst noch nicht ganz vollständigen Sammlung der Beobachtungen.

II. Die Speculation oder Deduction.

§. 61. Die Induction und die Speculation schliessen sich nicht aus, sondern grenzen stetig an einander. Alle Begriffe sind inductive und speculative. Auch die Speculation ist ohne Erfahrung nicht möglich.

1. Induction und Deduction, Empirie und Speculation pflegt man als zwei Gebiete anzusehen, die völlig ausser einander liegen und zugleich sich gegenseitig bestreiten. Wenn man sich für eine der beiden Methoden zu entscheiden hat,

müsse man die andere verwerfen und als einen Irrweg ansehen, denn es gebe nur einen Weg, auf dem die Wahrheit ausschliesslich erkannt werde. So vermögen wir diese beiden Methoden indess nicht anzusehen. Wenn jede der beiden Methoden, wie ihre einseitigen Anhänger versichern, schliesslich zu einem vollständigen Begriffssystem gelangt, so sieht man nicht ein, warum man in einem Systeme von Begriffen nicht ebenso gut sollte von den niederen Begriffen zu den höheren aufsteigen, als von diesen zu den niederen herabsteigen können. Oder wenn man den Schluss für zulässig hält, von den beobachteten Wirkungen auf ihre Ursache, von den Erscheinungen auf das Wesen der Dinge, und wenn man auf der anderen Seite soll schliessen können von den Ursachen auf die Wirkungen, von dem Wesen auf die Erscheinungen, so sieht man gleichfalls nicht ein, warum nur die eine der beiden Schlussweisen soll statthaft sein, die andere aber nicht. Nun wird man freilich diese Möglichkeiten nicht in Abrede stellen können, aber man meint, nur der eine Weg sei nothwendig, der andere aber so gut wie überflüssig. Geradezu für verderblich hält man weder die Induction noch die Deduction, aber ihre Parteigänger sehen doch entweder die Speculation oder die Induction als etwas ziemlich Gleichgültiges und Ueberflüssiges an. Wir halten beide Verfahrungsarten nicht nur für möglich, sondern auch für nothwendig, wenn eine vollständige und sichere Erkenntniss der Dinge erreicht werden soll. Die Methoden des Erkennens sind freilich nur Bewegungen des Gedankens, der vorwärts und rückwärts schreitet, der aufsteigt und wieder herabsteigt, der Gedanke muss aber doch seinen Weg doppelt und mehrfach gehen, wenn er sein Ziel erreichen will. Denn nothwendig ist der speculative Weg auch neben dem inductiven, weil nur auf diesem Wege eine Erkenntniss von den Wirkungen aus ihren Ursachen, von dem Leben der Dinge aus ihrem Wesen erreicht wird und daher keine Induction die Erkenntniss zum Abschluss bringt, da sie nur auf dem halben Wege stehen bleibt. Aber ebenso nothwendig ist auch die Induction neben der Speculation, da es keine Erkenntniss aus dem Wesen der Dinge giebt, bevor nicht das Wesen aus ihren Erscheinungen inductiv erkannt worden ist. Die einseitige Speculation, welche die Nothwendigkeit des inductiven Weges verkennt, vermag sich selbst nur durch die Annahme angeborner Ideen, oder was dasselbe ist, intellectueller und absoluter Anschauungen zu begründen, wodurch aber zugleich jede methodische Forschung, auch die speculative, als überflüssig aufgehoben wird, da, wer solcher Ideen oder Anschauungen theilhaftig geworden ist, dessen Denken dem Sinn völlig gleich sein muss, womit aber jeder Grund zur weiteren Forschung von selbst wegfällt. Genauer angesehen, sind die angebornen Ideen oder absoluten Anschauungen nur Formen des Denkens, woraus man den Erkenntnissinhalt herauszaubern möchte. Wenn man auch die Form des Denkens, seine unterscheidende und verbindende Function als das Grundschema ansehen kann, worin alle Begriffe schon eingewickelt enthalten sind, so besitzt das Denken doch durch seine blosse Form ohne einen Inhalt, der durch seine Thätigkeiten formirt und geordnet wird, wirklich keinen Begriff, denn es muss alle Begriffe erst durch seine beiden Methoden aus dem Inhalte der Anschauungen bilden und erwerben. Wenn nun aber beide Methoden des Denkens neben einander nothwendig sind, so können

auch die Empirie und die Speculation nicht zwei Gebiete sein, die völlig aussereinander liegen, sondern müssen vielmehr stetig aneinander grenzen, so dass zuletzt jeder Begriff zugleich ein empirischer und ein speculativer ist, da jeder Begriff zugleich inductiv oder deductiv erworben wird. Thatsächlich mag dies von unseren Begriffen gegenwärtig noch nicht gültig sein, indem es Begriffe giebt, woran bisher nur die eine oder die andere Methode sich versucht hat, aber der wahren Logik nach scheint es uns keinem Zweifel zu unterliegen, dass alle Begriffe des Denkens inductiv und deductiv sein müssen.

2. Unter Speculation wird oft ein Verfahren verstanden, welches durch blosses Denken Erkenntnisse hervorzubringen beabsichtige, während die Induction aus der Empirie ihren Inhalt schöpfe. So wenig wie aber die Induction ohne die Thätigkeit des Denkens Begriffe aus der Empirie zu gewinnen vermag, ebenso wenig kann umgekehrt die Speculation aus der blossen Form des Denkens ohne einen Inhalt Erkenntnisse hervorbringen. Ohne die Erfahrung vermag auch die Speculation nicht zu erkennen, denn das Denken ist nur die Thätigkeit, welche jeden Inhalt formiren kann, die aber ursprünglich keinen Inhalt besitzt, da unser Denken nicht causal ist und seine Gegenstände erzeugt. Schon der Name der Speculation bezeugt, dass sie mit der Anschauung nicht in einem ausschliesslichen Gegensatze sich befinden kann, da Speculation Anschauung heisst. Wie die Induction ist auch die Speculation eine Methode der Begriffsbildung durch den Gebrauch von Anschauungen. Ihr Problem vermag sie nicht ohne die Hülfe der Empirie zu lösen. Dies werden wir an den Vermittelungen der Speculation erkennen, wenn wir vorher ihr Problem verzeichnet haben.

§. 62. Das Problem der Speculation und ihre metaphysischen Voraussetzungen.

1. Die Speculation will aus dem Ganzen das Einzelne, aus dem Wesen das Leben, aus dem Ursachen die Wirkungen erkennen. Ihr Streben geht auf *definitiones causales*. Die Induction erklärt aus den Gründen der Erscheinungen phänomenologisch, die Deduction aber aus den Gründen der Sache ontologisch. Weil sie dies will, daher verfährt die Deduction progressiv und synthetisch. In dem Probleme der Speculation liegen auch zugleich ihre metaphysischen Voraussetzungen. Ihre erste Voraussetzung ist das Dasein des Ganzen. Wie die Induction einzelne Thatsachen als das Gegebene voraussetzt, woraus sie erkennen will, so setzt die Speculation voraus, dass jeder Gegenstand des Denkens, der durch sie erkannt werden soll, in sich selbst ein Ganzes ist. Das Ganze, wovon die Speculation ausgeht, kann sowohl die Totalität aller Dinge, das Universum, als auch ein besonderer Gegenstand sein, nur dass sie diesen dann als eine kleine Welt in sich, worin sich das Universum spiegelt, auffassen muss, um überall beginnen zu können. Diesen Grundsatz der Speculation haben in neuerer Zeit geltend gemacht nicht blos Hegel und Schelling wie ihre Schüler, so namentlich Oken, sondern auch Leibniz und ferner Cuvier für die vergleichende Anatomie und Herder für die Geschichtsbetrachtung.

2. Aus dem Ganzen soll aber deductiv erkannt werden das Einzelne, aus der Einheit die Vielheit. Um dies zu können, setzt die Deduction ferner voraus,

dass alles Besondere eine bestimmte Vielheit der Zahl, des Grades, des Maasses, der Art ist. Die Induction, da sie aus den einzelnen Thatsachen ihren gesetzmässigen Zusammenhang erkennen will, macht die Voraussetzung, dass es Naturgesetze und nicht blos ein Chaos von Thatsachen giebt. Die Deduction, da sie den umgekehrten Erkenntnissweg beschreitet, macht die Annahme einer in sich bestimmten Vielheit aller Dinge und Erscheinungen, die quantitativ und graduell messbar oder durch Specification bestimmbar sind. Welcher Art jedoch diese Vielheit ist, soll durch die Deduction methodisch erkannt werden. In dem Probleme der Speculation und ihrer metaphysischen Voraussetzung ist dies aber noch nicht angegeben. Auch die Speculation hat also ihre Hypothesen wie die Induction, nur hat eine Methode andere als die andere. Verkehrt nur wäre es, solche Hypothesen als die Lösungen der Probleme anzusehen, woraus nur ein einseitiger Schematismus entspringen würde, worein freilich nicht selten die Speculation verfällt, indem sie Alles im voraus bestimmt sein lässt durch ein drei oder viergliedriges Schema, oder wie die Pythagoräer durch gewisse Grundgestalten. Dass aber die gesammte Erscheinungswelt eine in sich bestimmte Vielheit der Zahl, des Grades, der Art sein müsse, ohne diese Voraussetzung ist überall keine Deduction möglich. Die Speculation fehlt nur, wie es auch die Induction thut, wenn sie ihrer Voraussetzungen sich nicht als solcher bewusst ist und meint, dass sie mehr sind als das noch nicht erkannte Ziel des Denkens, denn erkannt und verificirt werden sollen sie erst durch die Vermittelungen der Deduction.

§. 63. Die beiden Grade speculativer Vermittelungen, die Analogie und die Eintheilung der Begriffe.

1. Wir unterscheiden zwei Grade speculativer Vermittelungen, nämlich die Analogie und die Eintheilung der Begriffe. Die Speculation erkennt durch Eintheilung der Begriffe und durch Vergleichungen. Die Analogie ist ein Mittel des deductiven Verfahrens, wie die Beobachtung ein Erkenntnissmittel der Induction ist. Die Speculation erkennt durch die Vergleichung des Wahrgenommenen. Die Analogie gehört nicht der Induction an, sondern der Deduction. Weil sie aber kein Hülfsmittel der Induction ist, deshalb kann man sie nicht als unnütz überhaupt verwerfen. Man muss sie nicht an den unrechten Ort stellen, das ist nicht zu billigen, aber am rechten Orte ist sie nothwendig. Mit der Wahrnehmung kann die Speculation nichts anfangen, wenn sie sie nicht vergleichen darf, und ohne Wahrnehmungen kann sie nichts vergleichen, da sie nicht im voraus schon begriffen haben kann. Alle Analogie untersagen wollen, weil dies Verfahren oft gemissbraucht worden ist, heisst der Erkenntniss ein wesentliches Hülfsmittel rauben.

2. Wir vergleichen das mit einander, was in einer höheren Einheit mit einander übereinstimmt. Der Charakter des einen Besonderen in dieser Einheit wird dann auf das andere übertragen und dadurch bestimmt. Für ihre Möglichkeit setzt die Analogie daher eine höhere Einheit des Wesens oder des Ursprunges unter den Dingen voraus, und dass deshalb das, was dem einen Gegenstand

eigenthümlich ist, auch entsprechend bei dem anderen sich findet. Wenn zwischen den Dingen überall keine Einheit des Wesens oder des Ursprunges wäre, so würden sie alle unvergleichbar verschiedene und das Verfahren der Analogie daher unanwendbar sein. Nur wenn und weil eine höhere Einheit in allen Dingen ist, ist auch ihre Vergleichung unter einander möglich. Die Analogie erkennt demnach aus dem Allgemeinen das Besondere, aus dem Ganzen das Einzelne und gehört daher zur deductiven Methode. Dies Mittel der Erkenntniss wird mit grossem Erfolg in allen vergleichenden Wissenschaften, die in neuerer Zeit namentlich sich gebildet haben, angewandt. Dieser Seite ihrer Erkenntnisse nach gehören die vergleichenden Wissenschaften nach dem Bemerkten zur speculativen Methode, die nicht blos in den allgemeinen Wissenschaften der Mathematik und der Philosophie, sondern auch in den besonderen Wissenschaften verwandt wird. Das Verfahren der Analogie hat auch in der besonderen Wissenschaft oft zu überraschenden Resultaten geführt, wie LE VERRIER durch die Analogie den Neptun entdeckt hat. Wenn alle Dinge mit einander in einer höheren Einheit stehen, so lassen sich auch alle mit einander vergleichen. Diese entfernteren Analogien sind jedoch für die besonderen Wissenschaften weniger fruchtbar und empfehlenswerth als die näher liegenden, welche in einem besonderen Kreis von Erfahrungen sich darbieten.

3. Von universeller Bedeutung für alle Erkenntniss sind namentlich zwei Analogien. Ursprünglich betrachtet der Mensch Alles in Analogie mit sich selber, oder vielmehr mit seinem innern geistigen Wesen, denn er selbst ist sich das bekannteste Wesen und aus dem Bekannten sucht er das Unbekannte zu verstehen. In allen Erscheinungen findet der Mensch daher beseelte und lebendige Wesen und sucht alle Erscheinungen aus zweckmässigen Handlungen zu erklären. Dies ist die Analogie, der ursprünglich alle Völker in ihren Erkenntnissen folgen. Die andere Analogie geht aus von dem Gebiete der elementaren Natur. Das Einfachste sind die Begriffe der elementaren Natur. Mit ihnen in Analogie sucht man das Leben, die Seele, den Geist zu verstehen. Alles soll sich erklären lassen in Analogie mit dem Parallelogramm der Kräfte nach dem Gesetze der Trägheit oder der Beharrung, wie die Physik daraus die Bewegungsphänomene begreift. Beide Analogien, die von den unter sich am meisten entfernten Endpunkten des Erkennens ausgehen, haben auf die Ausbildung wissenschaftlicher Ansichten einen grossen Einfluss ausgeübt und thun es noch gegenwärtig.

4. Bei allen Vergleichungen muss man aber stets darauf achten, dass jede Analogie doppelte Schlusskraft hat, obwohl bei ihrer Verwendung meistens nur die eine in Betracht gezogen wird. Die Analogie aber erlaubt immer nach beiden Seiten zu schliessen, denn wenn *A B* gleicht, so gleicht auch *B A*. Das übersehen aber die einseitigen Systeme des Idealismus und Materialismus, des Naturalismus und Moralismus, die die Analogie, worauf sie bauen, nur nach der einen Seite verwenden und die andere, welche ebenso zulässig ist, ignoriren. Da die Analogie eine doppelte Schlusskraft hat, so folgt daraus, dass dies Verfahren nie zu Ende kommt, sondern in der Mitte stehen bleibt. Das Verfahren der Analogie führt zu keiner letzten Entscheidung und kann daher auch nur als erste Stufe der speculativen Vermittelung, wesentlich nur als ein Hülfsmittel

der höheren Stufe angesehen werden. Es ist daher auch ein Mangel des speculativen Verfahrens, wenn dasselbe auf der Stufe der Analogie stehen bleibt und sie selbst für das Letzte hält. So beruhen die meisten Erklärungen der Hegel'schen und Schelling'schen Speculation nur auf dem Verfahren der Analogie. Die Natur wird in Analogie mit dem Geiste als der sichtbare Geist und der Geist in Analogie mit der Natur als die unsichtbare Natur erklärt. Solche Analogien können dem Erkennen dienen, adäquate Begriffe zu finden, wenn sie als Hülfsmittel für die Methode der Begriffseintheilung gebraucht werden, sie können sie aber nicht ersetzen, was jedoch in der Philosophie nur zu oft geglaubt worden ist.

5. Der zweite Grad der speculativen Vermittelung besteht in der Eintheilung der Begriffe, wozu die Analogie das Hülfsmittel ist. Die Speculation will aus dem allgemeinen Begriff das Besondere erkennen, wozu die Zerlegung des Begriffes in seine Arten nothwendig ist, welches durch die Eintheilung geschieht. Wird der Begriff durch die Eintheilung in seine Arten zerlegt, so wird damit aus dem Allgemeinen das Besondere gefunden. Um dies auszuführen, muss man wissen, worin die Eintheilung eines Begriffes besteht und wie sie gefunden wird. Man unterscheidet den Inhalt und Umfang eines Begriffes. Den Inhalt des Begriffes bilden die bleibenden Merkmale einer Sache, welche zusammen und geordnet in der Erklärung angegeben werden. Allein die Dinge haben nicht blos bleibende Merkmale, sondern auch relative und veränderliche, welche *per inductionem* ausgeschlossen werden. Sie gehören aber doch den Dingen an, und müssen ebenso durch das Denken bestimmt und geordnet werden. Dies zu leisten ist die Aufgabe der Deduction, die aus dem Bleibenden das Veränderliche, aus dem Ewigen das Endliche, aus Gott die Welt zu begreifen strebt.

6. Den Umfang der Begriffe bilden die veränderlichen und relativen Bestimmungen der Dinge. Diese werden durch die Eintheilung des Begriffes bestimmt und geordnet. Die veränderlichen Bestimmungen der Dinge können nicht wie die bleibenden, durch Verbindung, sondern nur durch Sonderung in den Begriffen gedacht werden. Die Eintheilung ist daher die Gliederung und Sonderung des Umfanges oder der veränderlichen und relativen Bestimmungen der Dinge. Einen Begriff theilen und ihn eintheilen, die Partition und Disjunction, ist daher auch zweierlei. Die Theilung ist die Zerlegung des Ganzen in seine integrirenden Bestandtheile, die zusammen dem Ganzen (des Begriffes) gleich sind und nicht für sich, sondern nur im Ganzen existiren. Die Eintheilung aber ist Besonderung des Ganzen in Glieder, deren jedes als ein Ganzes gedacht wird. Man nennt freilich oft Alles ohne Unterschied Eintheilung, verwechselt daher aber auch die Theilung mit der Eintheilung der Begriffe und glaubt im Gebiete der Speculation zu sein, während man statt der Eintheilung der Begriffe nur ihre Partitionen behandelt, wie das der ganz gewöhnliche Fall in der Hegel'schen Philosophie ist. Diese Analysen dienen der Induction, aber nicht der Deduction. Sie sind die Auflösung, ohne welche die Induction das Mannigfaltige nicht richtig zusammenfassen kann. Durch die Eintheilung wird aus dem Allgemeinen die Specification des Einzelnen bestimmt. Sie ist daher auch keine blosse Exemplification von Momenten aus dem Inhalte der Begriffe, womit die

Eintheilung nur deshalb so oft verwechselt wird, weil die gewöhnliche und die metaphysische Logik vom Inhalt und Umfang der Begriffe nur die Namenerklärung geben, dass der Inhalt eines Begriffes das sei, was er in sich begreift, und der Umfang das, was der Begriff unter sich begreift, ohne anzugeben, was denn das ist, was der Begriff in und unter sich begreift.

7. Da die Eintheilung den Umfang eines Begriffes darstellen soll, so wird sein Inhalt schon als erkannt vorausgesetzt. Man muss das Bleibende kennen, um daraus das Veränderliche zu bestimmen. Aber die Eintheilung setzt auch eine vorhergehende empirische Kenntniss der mannigfachen veränderlichen Bestimmungen voraus. Der Begriff umfasst sie wohl, aus ihm selbst und allein aus ihm ergeben sie sich aber nicht. Das Veränderliche ist aber überall ohne die Wahrnehmungen nicht zu erkennen. Die Speculation, die durch Eintheilung der Begriffe erkennt, ist also auch nicht ohne die Erfahrung möglich. Die Erfahrung liefert aber nur eine Aufzählung, aber keine Gliederung und Sonderung des Verschiedenen, das im Umfang des Begriffes gedacht wird. Soll dies durch die Eintheilung geschehen, so muss dafür in dem Begriffe selbst auch der Grund liegen, wodurch die Zahl und die Arten der Eintheilungsglieder bestimmt wird. Die Eintheilung ist nur eine empirische Aufzählung, so lange im Begriffe selbst ihr Grund nicht aufgefunden worden ist. Für die Aufzählung mag die Erfahrung auch selbst verschiedene Gesichtspunkte darbieten, sie können aber nicht den Eintheilungsgrund ersetzen, der im einzutheilenden Begriff selbst liegen muss. Seine Entdeckung ist daher die Kunst der Speculation. Denn wenn er aus den angegebenen Bedingungen gefunden ist, so ergiebt sich daraus von selbst die Deduction des Besonderen aus dem Allgemeinen. Wie viele Glieder jede Eintheilung aber haben muss, das kann die Logik nicht bestimmen, da es abhängig ist von dem einzutheilenden Begriffe. Fehlerhaft ist es deshalb, anzunehmen, dass alle Eintheilungen eine bestimmte Anzahl Glieder haben müssen, dass alle Eintheilungen zwei, drei oder viergliedrig sein müssten. Dieser Schematismus ist ein grundloses und mangelhaftes logisches Verfahren. Denn die Logik fordert, dass jede Eintheilung ihren Grund habe in dem Inhalte des einzutheilenden Begriffes. Da dieser Inhalt aber verschieden ist, so können auch nicht alle Eintheilungen drei- oder viergliedrig sein. Das wäre nur möglich, wenn alle Begriffe denselben Inhalt hätten, was aber nicht der Fall ist. Nur das Eine lässt sich hierüber im Allgemeinen angeben, dass dreigliedrige Eintheilungen überall da statthaft sein werden, wo nur graduelle Verschiedenheiten sich finden, wo aber specifische Verschiedenheiten vorhanden sind, werden auch nur zweigliedrige Eintheilungen gerechtfertigt sein.

8. Für die Auffindung des Eintheilungsgrundes ist die Analogie ein Hülfsmittel. Für sich führt die Analogie nicht zur Specification des Besondern, sondern nur zum Schematismus, indem sie die Eigenthümlichkeit des einen besonderen Gliedes eines Ganzen nur nach der des anderen bestimmt und daher nicht leistet, was erkannt werden soll. Sie verdeckt dann, was aufgehellt werden soll. Aber an dem Charakter des Einen kann doch auch die Charakteristik des Anderen hervorspringen, wenn man bei der Uebertragung durch die Analogie zugleich auf ihre doppelte Schlusskraft und darauf achtet, was als

Unterschied nachbleibt zwischen den Gliedern der Vergleichung. So angewandt, nimmt die Analogie in der Speculation eine ähnliche Stellung ein, wie das indirecte Verfahren der Ausschliessung in der Induction. Die Bestimmung der Analogie ist nicht die Gleichheit, sondern die Verschiedenheit der Dinge erkennbar zu machen.

9. Induction und Deduction gehören in allen Wissenschaften zusammen und sind darin nicht so getrennt, wie man sie für die Betrachtung sondern muss. Die wahre Forschung verfährt zugleich inductiv und deductiv. Die Induction und Deduction wechseln in ihr nur wie der Blick im Auge, der bald ein beobachtender, bald ein beschauender ist. Sie gehören zusammen wie die unterscheidende und verbindende Function des Gedankens. Der beobachtende Verstand ist scharfsinnig, um in die Tiefe der Gesetze und des Wesens der Dinge zu dringen, und der beschauende Verstand ist tiefsinnig, um durch Vergleichungen und Eintheilungen die eigenthümlichen Charaktere der Dinge aufzufassen.

III. Die Grundbegriffe der Naturwissenschaften.

A. Geschichte der Naturphilosophie.

1. Die griechische Naturphilosophie.

Geschichte der griechischen Naturphilosophie.

Historia philosophiae graeco-romanae ex fontium locis contexta; locos collegerunt, disposuerunt, notis auxerunt H. Ritter et L. Preller; ed. Preller.

H. Ritter Geschichte der Philosophie. Thl. 1—4.

Ch. A. Brandis Handbuch der Geschichte der griechisch-römischen Philosophie. Thl. 1—3. 1. Abth.

E. Zeller Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwicklung. Thl. 1—3.

J. F. Fries Die Geschichte der Philosophie, dargestellt nach den Fortschritten ihrer wissenschaftlichen Entwicklung. B. 1.

E. F. Apelt Untersuchungen über die Philosophie und Physik der Alten, in den Abhandlungen der Fries'schen Schule. 2 Hfte.

E. Reinholdt Geschichte der Philosophie. B. 1.

§. 64. Die dynamische Physik der Ionier.

Thales von Miletos (35. Olymp.). Herodot erzählt von ihm, dass er die Sonnenfinsterniss, welche den Krieg zwischen den Medern und Lydern endete, vorhersagte, die nach Oltmann's Berechnung in das Jahr 609 v. Ch. fiel. Auch soll er das Jahr zuerst in 365 Tage eingetheilt, die Nachtgleichen, die Sonnenwende und das Sternbild des kleinen Bären bestimmt haben. Aus einigen Beobachtungen gelangte er zu der Meinung, dass aus dem Wasser Alles entstanden sei und sich darin auch wieder auflöse. Den Magneten hielt er für beseelt, weil von ihm Bewegungen ausgehen.

Anaximines von Miletos (63. Olymp.) soll zuerst die Schiefe der Ekliptik mit Hülfe des Gnomon entdeckt haben. Seine Naturansicht beruht auf Analogien. Wie unsere Seele, welche Luft ist, heisst es in dem erhaltenen Bruchstücke der Schrift des Anaximines, uns zusammenhält, so umfasst Hauch und Luft die ganze Welt. Die Luft erscheint ihm daher als das Princip und die

Seele der Dinge. Aus ihr entsteht Alles und es verwandelt sich auch wieder Alles in Luft durch die Processe der Contraction und Expansion, woraus Anaximines auch die Erwärmung und das Kaltwerden erklärt. Ebenso sollen aus verschiedenen Verdichtungsgraden der Luft entstehen Regen, Schnee, Hagel, aus ihrer Verflüchtigung das Leuchten des Meeres und der Regenbogen. Die Farben aber entstünden aus dem Einfallen der Sonnenstrahlen in verdichtete Luft. Die Erde, welche breit ist wie ein Blatt und von der Luft getragen wird, soll sich zuerst gebildet haben, aus ihren Ausdünstungen jedoch mit erdartigem Kerne Sonne, Mond und Gestirne. Den Himmel mit den Gestirnen lässt er sich um die Erde herum bewegen und meinte, Nachts sei die Sonne uns unsichtbar, weil sie durch die höheren Theile der Erde verdeckt werde.

Diogenes von Apollonia (80. Olymp.) stimmt wesentlich überein mit den Ansichten des Anaximines, doch giebt er dafür noch andere Gründe an und führt sie zugleich weiter aus. Die Luft erscheint ihm als das Princip und die Seele aller Dinge, weil sie in Alles hineindringt und daher nichts existirt, das nicht an ihr Theil habe. Aus der Ordnung, die wir überall in den Naturvorgängen bemerken, folgert er, dass die Luft zugleich ein beseeltes und vernünftiges Wesen sei, denn Ordnung und Maass können nur aus Erkenntniss hervorgehen. In allen Dingen müssen aber ein und dasselbe Princip sein, da sich alle in einander verwandeln und auf einander wirken. Auch die Seele aller Thiere sei Luft, wärmer jedoch als die, worin sie sich befinden, viel kälter aber als die Luft um die Sonne. Jedes Thier hat seine eigne Wärme. Bewusstsein, Erkenntniss und Wahrnehmung erklärt er aus der Luft, welche mit dem Blut in den Adern durch den ganzen Körper sich verbreitet, was Diogenes ausführlich in einer Gefässlehre beschrieben hat. Einen Athmungsprocess nimmt er auch bei den Gestirnen und den unorganischen Körpern an. Alle Metalle geben Dünste von sich und saugen sie ein, woraus er auch das Rosten erklärt. Die Erde hat sich gebildet aus dem warmen Umkreis der Welt, durch Kälte sei sie fest geworden. In der Mitte der Welt werde sie durch den Wirbel erhalten, der überall da entsteht, wo eine Verdichtung eintritt. Sonne und Mond soll Diogenes für bimsteinartige Körper gehalten haben. Um die Erde bewegen sich dunkle Steinmassen, die als Meteore niederfallen.

Herakleitos von Ephesos[1] (69. Olymp.). Die Welt ist nach ihm weder von Menschen noch von Göttern gemacht, sondern sie war immer und zwar ein ewig lebendes, sich nach einer gewissen Ordnung entzündendes und wieder verlöschendes Feuer. Aus dem Feuer wird Alles und Alles wird zu Feuer. Gegen Feuer, sagt er, tauscht sich Alles aus und Feuer gegen Alles, so wie Gold gegen Waare und Waare gegen Gold. Die Welt bildet sich aus dem Feuer und kehrt in abgemessenen Perioden wieder in das Feuer zurück, jedoch um von neuem daraus wieder hervorzugehen, denn mit der Sättigung wächst das Verlangen des Feuers. Alles in der Welt und sie selbst ist in steter lebendiger Verwandlung begriffen, nichts beharrt, sondern Alles fliesst. Der Thon, woraus die Dinge gemacht sind, wird in immer neue Gestalten umgeprägt.

---

[1] F. Lassalle Die Philosophie des Herakleitos des Dunklen von Ephesos. B. 2.

HERAKLIT kennt keine simultane, sondern nur eine successive Existenz des Existirenden. Das immerfort Werdende ist das Ewige und Göttliche. In dem Processe der steten Verwandlung aller Dinge unterscheidet er einen doppelten Weg, den Weg nach Oben und nach Unten. Der Weg nach Unten ist die Verwandlung aus dem Feuer und der Weg nach Oben die Verwandlung in das Feuer. Der Weg nach Unten geht von der vollkommneren und schnelleren Bewegung in die unvollkommnere und langsamere über. Das Feuer verliert in diesen Verwandlungen immer mehr von der Geschwindigkeit und Lebendigkeit seiner Bewegung, bis es zur äussersten Grenze der starren und festen Erde gelangt, wo das Leben und die Bewegung zu verschwinden scheinen, wo aber die Rückkehr beginnt auf dem Wege nach Oben zu dem vollkommneren Leben und der schnelleren Beweglichkeit des Feuers. Die Starrheit und Festigkeit der Erde ist nur eine langsamere Bewegung, aber keine Ruhe, da nichts ruht. Diese Verwandlungen fasst HERAKLIT aber so auf, dass ebenso viel von dem einen Elemente in das andere sich umsetzt, als von diesem in jenes sich verwandelt. So viel Wasser Erde wird, so viel Erde wird auch wieder Wasser. Alle Verwandlungen sind wechselseitig, woraus sich der Schein von dem Bestehen und Beharren der Dinge erklärt. Alle Veränderung ist ein Uebergang von einem Zustand in den entgegengesetzten. Das ganze Naturleben ist ein bleibender Wechsel entgegengesetzter Zustände, die aus einander hervorgehen und in einander zusammentreffen. Daher sagt HERAKLIT auch: Alles entsteht aus der Entzweiung, der Streit ist der Vater und Herr aller Dinge. Weil Alles aus seinem Gegensatze entsteht, so ist auch dasselbe gut und bös, lebendig und todt, wachend und schlafend, jung und alt. Wie aber auf der einen Seite die Entzweiung, so ist auf der andern die Harmonie der Gegensätze der Grund des Werdens. Alles Entstehen ist eine Entzweiung, alles Vergehen eine Vereinigung der Gegensätze. Streit und Harmonie müssen sein, damit aus Einem Alles und Alles Eins werde. Hieran schliessen sich noch andere Erklärungen des HERAKLIT über das Gesetz des ewigen Werdens. Er sagt auch, dass Alles, was geschieht, unter dem Verhängnisse stehe. Die blinde Nothwendigkeit des Geschehens ist das Werden der Dinge, deren Natur es ist, in einander überzugehen, nicht zu rasten und zu dauern. Das Schicksal ist auch mit der Vorsehung identisch, da nach dem Gesetze des Werdens Alles mit vorherbestimmter Gewissheit erfolgt. Er nennt sie auch die weltregierende Weisheit oder Zeus, auch die Gerechtigkeit, welche die Dinge im Wechsel des Werdens erleiden.

§. 65. Die mechanische Physik der Ionier.

ANAXIMANDROS VON MILETOS (42. Olymp.) soll zuerst den Griechen den Gebrauch der Sonnenuhr gezeigt und eine geographische Tafel entworfen haben. Auch erste Untersuchungen über die Grösse und Entfernung der Himmelskörper, über die Zeichen des Thierkreises und die Lage der Sonnenbahn werden ihm zugeschrieben. — Als das Princip aller Dinge nimmt ANAXIMANDER das Unendliche an. Unendlich müsse es sein, weil es der fortschreitenden Entwicklung nie an Stoff fehlen dürfe. Er dachte sich das Unendliche als eine

Mischung verschiedenartiger Elemente, dem Chaos nach griechischer Vorstellung ähnlich, die ungesondert darin enthalten sind. Aus der ewigen Bewegung des Unendlichen, welches Alles lenkt, geht das Endliche hervor. Diese Entstehung dachte er sich jedoch nicht als einen Verwandlungsprocess, sondern (chemisch) als einen Process der Sonderung und Scheidung. Da in dem Unendlichen schon Alles, wenn gleich noch verborgen, enthalten ist, so entsteht Alles dadurch, dass das, was in dem Unendlichen in einer Einheit verbunden ist, sich sondert und scheidet, wodurch es zur Existenz gelangt. Das, was im All Gold ist, erscheint erst als Gold, wenn es nicht mehr mit seinem Gegensatz vermischt, sondern davon geschieden ist. Dieser Scheidungsprocess beruht auf ursprünglichen Gegensätzen des Kalten und Warmen, des Trockenen und Feuchten, welche durch die Sonderung gelöst werden. Das Einzelne, was sich aus dem Unendlichen aussondert, kehrt aber auch in die ursprüngliche Mischung wieder zurück, denn woher das, was ist, sagt Anaximander, seinen Ursprung hat, in dasselbe hat es auch seinen Untergang nach der Billigkeit, denn es muss seine gesonderte Existenz wieder aufgeben, worin die Busse und Strafe besteht, die es erleidet. Im Mittelpunkt der Welt befindet sich nach dem Anaximander die Erde, die durch die Luft und den gleichen Abstand von den Grenzen des Weltalls im Mittelpunkte festgehalten wird. Die Erde habe die Form eines Cylinders, dessen Höhe der dritte Theil seiner Breite sei. Nach anderen Angaben soll Anaximander die Kugelgestalt der Erde angenommen haben. Um die Erde bewegen sich in gleichen Abständen von einander zu unterst die Planeten und die Fixsterne, dann der Mond und zuletzt die Sonne, jeder Weltkörper von einem eigenen radförmigen Ringe getragen. Die Sonne hielt er für das reinste Feuer, den Mond nach einigen Angaben für selbstleuchtend. Die Sonne soll 27 mal grösser als der Mond und 80 mal grösser als die Erde sein, der Mond aber 19 mal grösser als die Erde. Durch die Gegensätze der Wärme und der Kälte, des Feuchten und Trockenen habe sich um die Luft, welche zunächst die Erde umgiebt, ein Feuerkreis gebildet, wie eine Rinde um einen Baum, derselbe soll dann zersprungen sein und aus seinen Trümmern sollen die Himmelskörper als radförmige mit Feuer erfüllte Zusammenballungen von Luft entstanden sein, die aus Oeffnungen Feuer sprühen und durch den Luftdruck eine runde Form erhalten haben. Aehnlich erklärt Anaximander auch die Entstehung der Thiere. Sie entstanden ursprünglich aus Blasen, welche die Sonne in der noch schlammartigen Erde hervorbrachte, mit dornichter Rinde umgeben, welche sie später sprengten, wodurch sie dann auf das Trockene gelangten. Auch der Mensch, den er als das letzte lebendige Product aus der Einwirkung der Sonne auf die Erde scheint betrachtet zu haben, ist ursprünglich unvollkommener, in Fischgestalt, entstanden und erst, nachdem er auf das Trockene gelangt, habe er sich weiter entwickelt und ausgebildet.

Anaxagoras von Klazomene (70. Olymp.) beschäftigte sich auch viel mit der Mathematik und Astronomie, so auch mit der Quadratur des Kreises. Die richtige Erklärung des Mondlichtes und der Sonnen- und Mondfinsterniss soll er zuerst gelehrt haben. Er hat auch über die Perspective des Theaters geschrieben. Seine Schrift über die Natur war im Alterthum sehr berühmt und

bekannt. In seiner Weltansicht geht er aus von der Scheidung und Entgegensetzung des Geistes und der Materie. Die Materie ist die zwar bewegliche, für sich aber unbewegte Masse. Abgesehen vom Geiste, ist sie ohne Bewegung und Ordnung. Sie besteht aus einfachen Urbestandtheilen, unendlich an Menge und Kleinheit, verschieden von einander an Gestalt, Farbe und innerer Beschaffenheit, jeder aber in sich gleichartig und gleichtheilig. Das sind die Homoiomerien des Anaxagoras. Mit der Materie im Gegensatze und geschieden von ihr fasst er den Geist auf. Er ist das ordnende und bewegende Princip in der Natur, das überall wirksam und vorhanden ist, wo Bewegung, Leben und Seele sich findet. Die Ordnung und Bewegung, die der Geist hervorbringt, entspringt aus seiner Einsicht und Erkenntniss. Weil der Geist mit keinem Dinge vermischt ist, herrscht er über alle nach eigner Macht, selbstthätig und frei. Der vernünftige Geist ist daher die Ursache von allem Geschehen, nicht der Zufall noch das Verhängniss, denn der Zufall sei nur ein Mangel unserer Erkenntniss der Ursachen und das Verhängniss nur ein leerer Name.

Aus beiden Principien erklärt Anaxagoras die Weltbildung. Die Homoiomerien sind ursprünglich mit einander gemischt, stetig den Raum erfüllend, in Luft und Aether eingehüllt. Hieraus entsteht die geordnete Welt durch den Entmischer, den νοῦς, der die Mischung der materiellen Bestandtheile unter einander aufhebt, wodurch erst ihre Qualitäten zum Vorschein kommen. Nur dem Begriffe nach nimmt Anaxagoras einen Urzustand der Mischung an, der Wirklichkeit nach existirt aber von Anfang an der Geist, der nicht unthätig gedacht werden kann. Alles Entstehen und Vergehen sei aber nur eine Scheidung und Mischung gleich bleibender materieller Bestandtheile. Durch die Scheidung werden nicht mehr Dinge, als da sind, das All der Dinge bleibt sich immer gleich, nur die Form der Verbindung und der Trennung verändert sich. Die Scheidung aus der ursprünglichen Mischung erfolgt aber so, dass in jedem Alles ist; nichts wurde gänzlich von einander getrennt. Der Geist bewirkte durch die Bewegung der Elemente ihre Scheidung. Zuerst begann er den Umschwung, die Kreisbewegung im Kleinen, diese setzt sich in den bewegten Elementen fort und bewirkt ihre fernere Scheidung, d. h. die Masse wird durch den Geist in Bewegung gesetzt, bewegt aber erhält sie sich in diesem Zustande, und wird dadurch selbst eine Ursache materieller Veränderungen. Die Scheidung der Homoiomerien durch den Geist schreitet ins Unendliche fort, ohne je völlig zu erfolgen.

So wie das All der Elemente in Umschwung geräth, sondert sich zuerst ab die Luft und der Aether, sie erfüllen Alles, was fälschlich leerer Raum genannt wird. Aus der Luft schlägt sich nieder das Wasser, aus dem Wasser die Erde. Durch den Umschwung der Kreisbewegung werden auch schwere Massen, Gesteine, losgerissen und durch die Luft und den Aether geführt. Wenn sie in den Aether gerathen, erglühen sie und bilden die Gestirne. Die Sonne sei ein ungeheurer Stein, der im Aether in Gluth gerathen ist. Auf diese Ansicht gründete sich die Anklage auf Atheismus wider den Anaxagoras, der die Sonne ihrer Gottheit beraubt habe. Anfänglich haben sich die Gestirne kuppelförmig bewegt, sodass der Zenith der sichtbare Pol war, nach der Ent-

stehung der Thiere auf der Erde aber sei die Neigung ihrer Bahnen eingetreten und die Erde dadurch theils bewohnbar, theils unbewohnbar geworden. Sie hat nach dem ANAXAGORAS die Gestalt einer Pauke. Auch den Mond hielt er für bewohnt. In der unorganischen Natur entsteht keine reine Scheidung der Elemente, die vollkommen in der organischen Natur erfolgt, deren Bestandtheile aber auch schon unter den Homoiomerien sich finden. Feuer und Luft erscheinen dem ANAXAGORAS zusammengesetzter als Knochen und Fleisch. Der Mensch übertrifft alle Thiere durch den Besitz der Hände.

EMPEDOCLES VON AGRIGENT (84. Olymp.) führt alle Veränderung in der Natur zurück auf die Mischung und Scheidung unveränderlicher Elemente. Ihm zuerst wird die Lehre von den vier Elementen, Feuer, Wasser, Luft und Erde zugeschrieben. Diese Elemente bestehen aber selbst wieder aus untheilbaren Theilen. Wirklich gelangt die Theilung jedoch nicht bis auf das Untheilbare, weil es nichts Leeres, die einfachen Theile Trennendes giebt. Neben den vier körperlichen Elementen giebt es zwei bewegende Kräfte oder geistige Elemente: die Liebe und den Hass. Sie sind die zwei Herrscher im Weltall. Die Liebe verbindet die verschiedenen Elemente zu einem Ganzen und trennt die gleichartigen, der Hass trennt die Mischung verschiedener Elemente und verbindet die gleichartigen. Ursprünglich herrschte im göttlichen Sphairos allein und in ursprünglicher Reinheit die Liebe. Sie wirkt von der Mitte der Welt aus und verbindet alle Elemente harmonisch zu einem Ganzen. Diese vollkommene Einheit des göttlichen Sphairos kann der Mensch nicht erkennen, da er durch Streit und Hass ausser demselben sich befindet. Er erkennt wohl alle Elemente, nicht aber ihre vollkommene Einheit. Aus dieser vollkommenen Welt ist die endliche durch ihre Schuld entstanden, der Hass hob die einheitliche Mischung der Elemente auf und trennte sie in Zwietracht. Er hat seine Herrschaft aber nicht über das Ganze, sondern nur über einen Theil ausgedehnt, der vom Ganzen sich absonderte. Daher kommt der Hass auch nicht zur ausschliesslichen Herrschaft, sondern wird von der Liebe wieder überwältigt, die den getrennten Theil wieder mit dem Ganzen vereinigt, wovon sich aber doch wieder neue Theile absondern, bis einst die Liebe ganz herrscht und der Hass bis in die äussersten Grenzen der Welt verbannt sein wird.

Zuerst soll aus dem Ganzen sich abgeschieden haben die Luft, dann das Feuer, darauf die Erde und aus ihr das Wasser. Die organischen Wesen sind Bildungen der Liebe, die zuerst die einzelnen Glieder bildete, bevor sie sie zum Ganzen vereinigte, woran sie durch das Widerstreben des Hasses verhindert wurde. Daraus entstanden zuerst widernatürliche Bildungen und Vermischungen. Erst allmählig sind vollkommnere organische Wesen entstanden, die sich fortpflanzen konnten. Den Himmel hält EMPEDOCLES für ein festes Gewölbe. Er nahm zwei Himmelssphären an, die im Kreise sich um die Erde wälzen; die eine ist ganz Feuer, die andere besteht aus Luft und Feuer; jene ist die Sonne mit der Tageshelle, diese die Nacht mit dem Sternenhimmel. Beide Kreise des Himmels sind in einer jährlichen Fluctuation, woraus der Wechsel der Jahreszeiten entsteht. Als Bedingung für die Einwirkung der Dinge auf einander nimmt EMPEDOCLES Poren in ihnen an, wohinein sich ihre Ausflüsse ergiessen.

Leukippos und Demokritos von Abdera (80. Olymp.). Die Atomistik gründete Leukipp, Demokrit aber bildete sie weiter aus. Alle wahrnehmbaren Körper sind theilbar. Die Theilung geht aber nicht bis ins Unendliche, sondern bis auf letzte untheilbare Körper von unendlicher Kleinheit und Unsichtbarkeit. Diese Körper sind die Atome. Weil sie untheilbar sind, sind sie auch unzerstörbar, ewig, unveränderlich und erfüllen ihren Raum ganz und voll. Nach der älteren Atomistik sind alle Atome von gleicher Materie und verschieden von einander nur durch ihre unveränderliche Gestalt und Grösse. Von ihnen giebt es eine unendliche Anzahl, weil es so viele Gestalten geben müsse als denkbar sind, und die aus ihnen zu erklärenden Erscheinungen unendlich sind. Sie besitzen nur eine physische Eigenschaft, die Schwere. Jeder untheilbare Körper ist je grösser desto schwerer. Die Atome bilden jedoch nur das eine Element der sichtbaren Körper, das andere sind die leeren Räume zwischen ihnen. Daher giebt es zwei Principien in der Atomenlehre: das Volle und das Leere, das Seiende und das Nichtseiende. Die Räume sind also entweder ganz voll oder ganz leer von Materie. Die sichtbaren Körper bestehen aus Atomen und leeren Zwischenräumen. Nur die sichtbaren Körper erfüllen ihren Raum nicht stetig, wohl aber die Atome. Die leeren Zwischenräume sind aber ebenso real wie die Atome, weil sie Bedingungen des Realen sind. Denn leere Räume muss es geben, weil die Atome getrennt von einander für sich existiren und es daher ein Trennendes geben müsse, weil sonst keine Bewegung möglich wäre, und weil daraus die Verschiedenheiten der sichtbaren Körper an Dichtigkeit erklärbar seien. Die Atome selbst sind unveränderlich und können sich daher nur in leeren Raume bewegen. Die Bewegung lasse sich nicht weiter ableiten, sie sei eine nothwendige Folge von dem Dasein der Atome im leeren Raum. Es geschieht daher Alles nothwendig, nichts aber zweckmässig.

Aus der Verbindung der Atome entstehen zusammengesetzte und in ihre Elemente auflösliche Körper, welche, zu einem Aggregat von Körpern verbunden, Welten genannt werden. Jedes Atom ist schon für sich eine Welt, insbesondere aber heissen so Aggregate von Körpern, deren es unzählige giebt. Jede ist von einer Schale oder Haut eingeschlossen, wodurch sie eine Einheit bildet. Solche Welten entstehen durch eine schwingende und kreisende Bewegung der Atome, wodurch sie in Wirbel gerathen und sich zu einander gesellen. In unserer Welt hat sich zuerst die Erde gebildet, die ursprünglich wegen Mangel an Schwere umhergetrieben wurde. Wie sie aber schwerer und fester wurde, gelangte sie in die Mitte, wo sie, von der Luft getragen, durch die wirbelnde Bewegung im Gleichgewicht gehalten wird. Sie soll eine pauken- oder diskusförmige Gestalt haben. Die sinnlichen Beschaffenheiten der Körper werden auf ihre Gestalten zurückgeführt. Das Feuer besteht aus leicht beweglichen Kugeln, die drei anderen Elemente aus Atomen verschiedener Gestalt, die nur durch ihre Grösse und Kleinheit sich von einander unterscheiden. Die Seele ist ein zusammengesetzter Körper aus leicht beweglichen Kugeln. Sie wohnt in einem anderen Körper, bewegt und belebt ihn durch die Wärme und ist darin wie in einem Gefässe eingeschlossen. Seelen giebt es überall, weil es überall Wärme giebt. Demokrit kennt also nur Körper, grosse und kleine, sichtbare und unsichtbare,

theilbare und untheilbare. Ihre Qualitäten sollen auf quantitative Bestimmungen, ihre Veränderungen auf die Verbindung und Trennung und die Lage der Atome zurückgeführt werden.

§. 66. Die mathematische Naturphilosophie des Pythagoras (49. Olymp.) und seiner Schule.

In den Zahlen und ihren Verhältnissen finden die Pythagoräer [1] die schlechthin sicheren Principien für alle Erkenntnisse. Ihre Zahlentheorie dient ihnen als Organon für die Erkenntniss der Natur. Die Elemente der Zahlen, das Ungerade, das in sich selbst begrenzt ist, und das Gerade, das in sich unbegrenzt ist, sind auch die Elemente der Dinge. Die Einheit ist der Grund aller Zahlen und das Wesen aller Dinge. Dasselbe finden sie auch ausgedrückt in der Zehnheit, der Einheit des Zahlensystems; der Dreiheit, der ersten Verbindung der ungeraden und geraden Zahl; und in der Tetraktys. Die Tetraktys ist entweder die Summe der 4 ersten Zahlen $1 + 2 + 3 + 4 = 10$, oder die Summe der 4 ersten geraden und der 4 ersten ungeraden Zahlen, $1 + 3 + 5 + 7$ und $2 + 4 + 6 + 8 = 36$. Die entgegengesetzten Principien der Zahlen und der Dinge, das Gerade und das Ungerade, das Unbegrenzte und das Begrenzte werden durch die Harmonie mit einander verbunden. Die Zahl und die Harmonie machen daher das Wesen aller Dinge aus, wodurch Alles in der Natur bestimmt und geordnet sein soll. —

Die erste Anwendung ihrer Zahlentheorie finden sie in der Musik. Ihr Princip ist die Tetraktys nach den in ihr enthaltenen Intervallen. Diese sind $1 : 2 : 3 : 4$. Das Verhältniss von $1 : 2$ ist die Octave, *διαπασῶν*, das Verhältniss von $2 :$ giebt die Quinte, *διαπέντε*, das Verhältniss von $3 : 4$ die Quart, *διατεσσάρων*. In der Tetraktys liegen also die Verhältnisse, wonach die Töne in der Musik geordnet und gemessen sind. Schon Pythagoras soll nach unverbürgter Sage, nachdem er in den Schlägen eines Kupferschmieds die Intervalle der Octave, der Quarte und der Quinte wahrgenommen, als Grund ihrer Verschiedenheit, die verschiedenen Gewichte der Hammer ausgemittelt, auf die Weise aber jene auf Zahlenverhältnisse zurückgeführt haben, indem er vier gleichen Saiten durch verschiedene Gewichte eine verschiedene Spannung gegeben. — —

In der Mitte der Welt dachten sich die Pythagoräer das Centralfeuer, den Sitz und Thron der Gottheit. Es repräsentirt die Einheit und das Ganze. Das Feuer erstreckt sich vom Centrum bis zur Peripherie. Am äussersten Umkreis der Welt ist das oberste Feuer, der Olympos, der die Vielheit und das Unbegrenzte darstellt. Beide, Centrum und Peripherie der Welt, sind unsichtbar. Zwischen diesen beiden Endpunkten bewegen sich zehn Weltkörper oder zehn Sphären von Himmelskörpern, nämlich der Fixsternhimmel, die 5 Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, die Sonne, der Mond, die Erde und die Gegenerde. Zehn Weltkreise werden angenommen, weil Zehn die vollkommene Zahl ist. Sie bewegen sich in verhältnissmässigen Abständen oder Entfernungen. Aus der Gesammtheit aller dieser Bewegungen, da jeder regelmässig schwingende

[1] August Boeckh: Philolaos des Pythagoräers Lehren nebst den Bruchstücken seines Werkes.

Körper einen Ton giebt, entspringt die Harmonie der Sphären, die wir nicht hören, entweder weil wir sie von Geburt an vernehmen und jeder Ton nur im Gegensatz zur Stille gehört wird, oder weil sie unser Perceptionsvermögen übersteigt. In diesem Weltbau werden mehrere Regionen unterschieden. Die erste bildet das Centralfeuer und oberste Feuer, welche die reinen Elemente der Einheit und der unbestimmten Vielheit repräsentiren. Die zweite Region ist die vollkommen geordnete Welt, d. i. der Kreis unter dem äussersten Olympos, die fünf Planeten, Sonne, Mond und Sterne, die Region des Beständigen. Die dritte Region bildet der *Ουρανος*, unter dem Monde und um die Erde, das Gebiet des Veränderlichen. Alle Weltkörper repräsentiren wieder besondere Zahlen.

Die Bewegung der Gestirne. Die Gegenerde befindet sich zwischen der Erde und dem Centralfeuer, diesem zugekehrt. Sie ist die entgegengesetzte Halbkugel unserer Erde, nur abgetrennt davon gedacht. Beide haben dieselbe Kreisbewegung, die Gegenerde bleibt jedoch stets dem Centralfeuer zugewandt. Die Erde bewegt sich nicht um ihre Axe, sondern um das Centralfeuer in einem schiefen Kreise, und zwar nach derselben Seite wie Sonne und Mond. Schief ist der Kreis nur gegen die übrigen Kreise des Kosmos, welche, da sie alle auf derselben Bahn, dem Thierkreise, sich bewegen, die Regel des Geraden haben. Die schiefe Bahn der Erde ist der Aequator im Verhältnisse zu der geraden der Ekliptik. Die Sonne bewegt sich jährlich, der Mond monatlich mit den Planeten in der Ekliptik und zwar von Abend nach Morgen. Die Kreisbewegung der Erde um den Weltherd ist die tägliche, wodurch die Abwechselung von Tag und Nacht entsteht. Wenn aber Philolaos die Erde wie die Sonne, den Mond und die fünf Planeten sich um das Centralfeuer bewegen lässt und zwar die Erde in 24 Stunden, so ist hiermit die scheinbare tägliche Bewegung des Fixsternhimmels aufgehoben. Nun setzt er aber doch den Fixsternhimmel als einen der zehn um das Centralfeuer bewegten Kreise. Boekch vermuthet, dass damit das Vorrücken der Nachtgleichen gemeint sei, deren Entdeckung sonst erst dem Hipparch zugeschrieben wird, die jedoch vielleicht von Aegyptern, in deren Denkmälern sie enthalten sei, überliefert sei. Das System der Pythagoräer ist also nicht copernikanisch, da die Erde sich nicht um ihre Axe, sondern um das Centralfeuer bewegt, und da weder die Erde noch die Planeten sich um die Sonne, sondern alle sich um das Centralfeuer bewegen, die Sonne im jährlichen Umkreise, der Mond in einem Monat, der auch nicht um die Erde gravitirt. Das eine Centrum aller Kreisbewegungen ist das Centralfeuer, worin sich in folgender Ordnung die 10 Sphären bewegen: die Gegenerde und die Erde in der schiefen Bahn, die hier der Aequator ist, während die folgenden in der geraden der Ekliptik gehen: der Mond, Venus, Merkur, die Sonne, Mars, Jupiter, Saturn und der Fixsternhimmel.

Die Elemente der Körper, da sie alle, so klein sie auch sein mögen, zusammengesetzt sind, sind nicht körperlich, sondern die Elemente der Zahlen. Sie denken sich die Körper zusammengesetzt aus Punkten und Intervallen. Der Punkt ist die Einheit, das Ungerade und Begrenzte. Die Intervalle sind das Unbegrenzte und Gerade, welche durch die Punkte oder die Einheiten eingeschlossen werden, die aber zugleich auch durch das Leere von einander getrennt

werden. Aus ihrer Verbindung entsteht zuerst die Linie, welche die Zweiheit repräsentirt. Aus der Verbindung von Linien und Intervallen entsteht die Fläche, welche die Zahl Drei repräsentirt. Der Körper selbst besteht aus in verschiedenen Intervallen zusammengesetzten Flächen. Arithmetisch ist er die Vierheit. Vier Flächen schliessen den geometrischen Körper ein. Die Zahl fünf bezeichnet den physischen Körper mit seinen sinnlichen Beschaffenheiten. Die Symbolik der Zahlen geht durch die ganze Natur. Ritter meint, man dürfe annehmen, dass die 6 das Pflanzenleben, die 7 das thierische und die 8 das menschliche Leben bezeichne, welche zugleich nach dem Philolaos die Tugend darstellt, die 9 ist das Symbol der Weisheit und der Region des Kosmos über der Erde. Die 10 endlich ist das Symbol für das Leben der ganzen Welt und des letzten Princips der Dinge. Die physischen Elemente werden auf die fünf regelmässigen Körper zurückgeführt, die Erde auf den Kubus, das Feuer auf die Pyramide, die Luft auf das Octaeder, das Wasser auf das Ikosaeder und das fünfte Element, welches später Aether genannt wurde, auf das Dodekaeder.

§. 67. Die Naturphilosophie der Eleaten.

Xenophanes von Kolon (60. Olymp.). Auf den ganzen Himmel blickend, soll er gesagt haben: das Eine ist Gott. Er ist die leidenlose Kugel. Die Kugelgestalt der Gottheit drückt ihre Ungetheiltheit und Totalität aus. Er scheint ferner gelehrt zu haben, aus Erde sei Alles und in Erde endige Alles. Die Erde selbst aber habe sich aus dem Wasser gebildet, worür er als Beweis Muscheln und Versteinerungen zeigte. Die Erde sah er als eine vom Meere umflossene Scheibe an, die ihre Wurzeln in das Nichts des grenzenlosen Raumes senke. Ueber der Erde befindet sich der grenzenlose Aether. Die Gestirne sind nur feuerartige Erscheinungen. Ihr Aufgang und Untergang ist ein Entzünden und Verlöschen wie bei einer Kohle.

Parmenides von Elea (65. Olymp.) unterscheidet zwei Principien in der Natur, wovon das eine positiv und das andere negativ ist, und die als Licht und Finsterniss, als Wärme und Kälte, als das Leichte und das Schwere, als das Dünne und das Dichte, das Weiche und Harte, als Tag und Nacht sich darstellen. Aus ihrer Mischung soll Alles entstehen. Er nahm an, dass die Erde kugelförmig sei und in der Mitte liege, durch allseitigen Druck im Gleichgewicht gehalten. Dasjenige, was Alles umschliesst, hält er gleich einer Mauer für fest. Um die Erde herum liegen übereinander geflochtene Kränze, der eine aus dem Dünnen, der andere aus dem Dichten gebildet, zwischen diesen seien andere gemischt aus Licht und Finsterniss; der mittelste aller gemischten sei die Mutter aller Veränderung, den er die Dicke und Anagke nennt. Apelt meint, dies sei der Sternenhimmel, dessen regelmässiger und unveränderlicher Umschwung Alles regiert und die Bewegungen aller anderen Kreise regelt. Die oberste Stelle am Himmel nimmt die Venus ein, die er als Abend- und Morgenstern erkannt haben soll, und darunter die Sonne, sie gehören dem dünnen Lichtelement an, Mond und Erde mit dem Luftkreis aber dem dichten Elemente der Nachtregion. Die Luft soll eine Ausscheidung der Erde sein durch ihre gewaltige Verdichtung.

Zenon der Eleat (71. Olymp.). Die Eleaten wollen Alles auf die Einheit und das beharrliche Sein des Absoluten zurückführen. In den veränderlichen und mannigfaltigen Erscheinungen für sich finden sie keine Wahrheit, sondern nur einen täuschenden Schein unserer Sinne. Vorzüglich Zenon hat die negative Seite dieser Lehre bearbeitet. In allen Vorstellungen von den Veränderungen und der Vielheit der Dinge will er Widersprüche nachweisen, um daraus ihre Unwahrheit zu folgern. Dahin gehören auch seine Argumente gegen die Realität der Bewegung. Die Bewegung soll undenkbar sein, weil der Raum ins Unendliche theilbar ist, das Unendliche aber nicht durchlaufen werden kann; oder weil in jedem Augenblicke der bewegte Körper doch nur an einem bestimmten Orte sein kann und daher ruht, oder weil er zugleich ruhen und zugleich sich bewegen müsste, da der bewegte Körper zugleich an einem Orte und zugleich auch nicht an einem Orte ist.

§. 68. Der Uebergang zu der griechischen Naturphilosophie nach Socrates.

Die vorsocratische Philosophie war, wenn nicht ausschliesslich, so doch vorherrschend Physik. Verschiedene Richtungen treten in ihr neben einander auf. Zuerst die Dynamiker, welche die Natur in Analogie mit einem lebendigen Wesen auffassen, das aus sich selber seinem Begriffe nach thätig ist. Die Natur ist ins Unendliche in steter Bewegung und Verwandlung begriffen. Die mechanische Speculation sieht das Ganze anfänglich als Geist und Körper an. Aus der Mischung und Entmischung ursprünglicher Stoffe durch geistige Kräfte soll die Natur erklärt werden. Später fassen die Atomisten Alles blos als Körper auf. Aus der Bewegung der Atome im leeren Raum, ihrer ursprünglichen Gestalt und Grösse wollen sie die Naturerscheinungen erklären. Einen anderen Weg schlugen die Pythagoräer ein. Das Wesen der Erscheinungen liegt in den Gesetzen der Zahlen und ihrer Harmonie. Die Zahl misst und ordnet ihre Einheit und Vielheit. Die Eleaten endlich sehen in der Natur nur eine Scheinwelt, welche die Wahrheit des einen und unvergänglichen absoluten Seins mehr verhüllt als offenbart. Ihre Physik ist daher sehr dürftig.

Diese extremen Wege der Speculation führten zuletzt zur Skepsis und Sophistik. Denn die Philosophie hatte nicht nur verschiedene, sondern auch entgegengesetzte mit einander unverträgliche Lehren über das Wesen und die Natur der Dinge aufgestellt. Je mehr nun diese verschiedenen Richtungen in dem Mittelpunkt des griechischen Lebens, in Athen, zusammenkamen, um so mehr musste auch ihr Zwiespalt und Gegensatz zum Bewusstsein kommen. Das führte von selbst zum Zweifel. Der Zweifel ist immer ein Uebergangszustand in unserem Bewusstsein, er ist nicht der Anfang, sondern die Mitte. Wir zweifeln nicht anfänglich, sondern nachdem wir gewusst haben. Wenn wir über unsere ersten Erkenntnisse zum Bewusstsein kommen und darin Widersprüche finden, gerathen wir in Zweifel. Der Zweifel aber, der zum ersten Male in der Geschichte auftrat, führte zur Verzweiflung an aller Erkenntniss. Im Zweifel ist immer noch ein Antrieb zum Forschen. Wir suchen die Wahrheit, wenn wir

zweifeln. In der Verzweiflung aber ist ein Verzicht darauf, da fehlt der Antrieb zum Fortgehen, das Suchen der Wahrheit. In diesem Zustande der Verzweiflung an aller Erkenntniss wird die Skepsis zur Sophistik. Die Sophisten sind scheinbar ebenso beruhigt in sich, wie der, welcher eine Wahrheit zu besitzen glaubt. Denn mit der Forschung sind sie zu Ende. Die Sophisten sind überzeugt, dass gar kein Denken wahr ist, oder, was dasselbe ist, dass jedes Denken wahr ist. Die Einen schliessen sich an Herakleitos' Lehre vom ewigen Flusse der Dinge an und lehren, alles Denken ist gleich wahr, die Anderen an die Eleaten und meinen, kein Denken sei wahr, oder mit dem Sein in Uebereinstimmung. Diese Sophismen sind Folgerungen aus den einseitigen naturphilosophischen und metaphysischen Speculationen vor Socrates. Wenn Alles beständig fliesst, so verändert sich auch unaufhörlich mein Denken und jedes Denken ist gleich wahr. Wenn aber nichts sich verändert und Alles beharrt, so ist in meinem Denken, welches eine Thätigkeit ist, gar keine Wahrheit des Seins. Die Sophisten sind zum Bewusstsein dieser Folgerungen aus den einseitigen metaphysischen Theoremen gelangt. Mit der Meinung, dass alles oder gar kein Denken wahr ist, hört zugleich auch alle Forschung auf. Die Philosophie war für die Sophisten daher auch keine Wissenschaft, sondern eine blosse Kunst, eine Fertigkeit und Geschicklichkeit des Denkens und der Rede über beliebige Gegenstände des praktischen Lebens, wobei es nicht auf die Wahrheit des Denkens, sondern auf den Nutzen desselben für die Praxis abgesehen war.

Wenn nun aber die vorsocratische speculative Physik zur Skepsis und Sophistik führte, so war es kein Wunder, dass man sich zunächst von der Erforschung der Natur abwandte. Socrates verwarf daher die naturphilosophische Speculation als leer an Gehalt und die menschliche Fassungskraft übersteigend. Aber stehen bleiben konnte man hierbei nicht. Vielmehr, wenn der bisherige Weg, wahre Erkenntnisse zu finden, nicht zum Ziel führte, war es nothwendig einen anderen Weg zu suchen. Dies that Socrates, indem er die ethische Philosophie gründete und in der sittlichen Erkenntniss eine unbezweifelbare Wahrheit fand, welche in der von ihm ausgehenden Richtung das Fundament der Philosophie bildete. Auf diesen Standpunkt stellten sich die Socratischen Schulen, die der Akademiker und der Peripatetiker, der Stoiker und der Epikuräer. Zugleich aber hatte Socrates die logischen Untersuchungen eingeleitet, welche Platon und Aristoteles zur Dialektik und Logik erweiterten.

Die Philosophie konnte aber im weiteren Verlaufe ihrer Entwicklung auf dem Standpunkte des Socrates nicht stehen bleiben. Sie will das Ganze aller Erkenntnisse umfassen, was nicht in der Dialektik und Ethik enthalten ist, wenn die Physik fehlt. Deshalb musste die Philosophie ihre durch Socrates empfangene einseitige Stellung zur physischen Speculation aufgeben und diese wieder in den Gesammtkreis ihrer Untersuchungen aufnehmen. Dies geschieht zuerst, jedoch gleichsam noch zögernd mit Platon, dann aber in grösserem Umfange namentlich von Aristoteles. Allein die Naturphilosophie, indem sie in den Kreis der philosophischen Forschung wieder aufgenommen wurde, nimmt jetzt eine andere Stellung als vorher. Von nun an wird sie nur als ein Theil des Ganzen, als eine Disciplin des Systems abgehandelt.

§. 69. Die speculative Physik Platon's.

Platon, geboren zu Athen Olymp. 87, 4 oder 88, 1 (429 oder 428 v. Chr.) starb in seinem 81. Jahre, Olymp. 108 (348 v. Chr.). Seine Naturphilosophie [1] ist der Hauptsache nach enthalten im Timaeus. In diesem Dialoge führt nicht Socrates, sondern der Pythagoräer Timaeus das Gespräch. Der Grund von dieser Ausnahme wird wohl darin liegen, dass Platon seine physischen Ansichten nicht auf Socrates zurückführen konnte, wie es bei den dialektischen und ethischen Begriffen der Fall ist. Den Socrates konnte er den Atheniensern gegenüber dieses Gespräch nicht führen lassen, weil es in Athen bekannt war, dass Socrates die Naturphilosophie zurückstellte. Ein Pythagoräer leitet das Gespräch auch ausserdem, weil Platon in der Naturphilosophie mehrfach an ihre Lehren sich anschliesst.

Den Mittelpunkt der Platon'schen Philosophie bildet der Begriff des an sich Guten, welches Gott ist. Darin findet Platon den letzten Grund von Allem. Dieser Begriff enthält nicht blos das Princip der Ethik, sondern auch der Physik und der Dialektik. Denn das Gute ist nicht nur der Grund von allen menschlichen Bestrebungen, die um des Guten willen sind, sondern auch der Grund von dem Dasein aller Dinge und ihrer Erkenntniss. Soll das Gute aber alle menschlichen Bestrebungen befriedigen, so muss es oder Gott in sich selbst genug oder vollendet sein, denn nur dies kann alle Befriedigung gewähren. Das Gute ist aber auch der Grund aller Existenz, da es selbst das hervorbringt, dem es gut ist. Um seine Güte mittheilen zu können, bringt Gott die Welt hervor. Darin liegt auch das Princip der Erkenntniss. Wie die Sonne den Dingen Farbe und dadurch Sichtbarkeit verleiht, unserem Auge aber die Fähigkeit, diese schöne Welt zu schauen, so giebt das Gute, die Sonne im Reiche der Ideen, Erkenntniss dem Erkennenden und Wahrheit dem Erkannten. Es ist das Princip der Intelligenz und der Wahrheit. Erst aus der Werthbestimmung der Dinge folgt ihre wahre Erkenntniss. Indem Platon im Begriffe des Guten das universelle Princip der Philosophie findet, ist seine ganze Weltbetrachtung eine ethische, seine Naturansicht aber eine fast ausschliesslich teleologische geworden. Gott vermögen wir aber ebenso wenig, wie die Sonne, direct zu erkennen, denn wer geradezu in die Sonne schaut, wird statt erleuchtet, durch ihren Glanz geblendet. So können wir auch Gott nicht direct erkennen. Seine unermessliche Einheit erkennen wir nur durch die Vielheit der Ideen oder der Gesetze, welche der sinnlichen Erscheinungswelt der Dinge zu Grunde liegen.

Der Gegenstand der Physik ist die veränderungsvolle Erscheinungswelt, das stets Werdende. Sie handelt von der Entstehung, dem Wesen und der Zusammensetzung der sinnlichen Welt. Sie gewährt nicht dieselbe Sicherheit und Zuverlässigkeit der Erkenntniss wie die Ethik und die Dialektik, weil die Natur in steter Veränderung begriffen ist, welche ohne sinnliche Erfahrung nicht erkannt wird, die nur unsichere Meinungen gewährt. Die Naturerkenntniss hat daher nach Platon einen hypothetischen Charakter, wenn nicht durchweg, so doch in vielen Stücken. Vieles im Timaeus hält er wohl selbst nur für

[1] Lichtenstädt, Platon's Lehren aus dem Gebiete der Naturforschung und der Heilkunde.

unsichere Meinung. Der mythischen Darstellungsweise bedient sich PLATON hier sehr oft, denn, wie er sagt, den Urheber und Vater des All zu finden, ist schwer, Allen verständlich aber sich darüber auszusprechen, unmöglich. In der mythischen Darstellung hofft er leichter als in der begrifflichen verstanden zu werden.

Alles Sichtbare und Körperliche ist nicht von Anfang an, sondern von Gott nach einem vollkommenen Ideal gebildet. Die sinnliche Welt ist das Abbild der göttlichen Ideen. Gott und die Ideen sind das immerdar Seiende, die Materie aber ist das stets Werdende. An sich ist sie ohne Regel und Ordnung, die sie erst durch die göttlichen Ideen empfängt. Dass die Materie nach PLATON selbst von Gott gesetzt sei, wie Einige meinen, oder dass sie nur ein Schein unserer verworrenen Auffassung von den Ideen sei, wie Andere wollen, können wir annehmen. Viel mehr scheint uns, dass PLATON für die Kosmogonie schon die Materie als Bedingung für die Verwirklichung der Ideen voraussetzt. Er vermag nicht Alles auf Gott und seine Ideen zurückzuführen. Das stets Werdende, die Materie, ist ein Zweites neben dem ewig Seienden, Gott und den Ideen. Sie wird auch als eine Ursache in dem Processe der Naturbildung gedacht. Die eine Ursache ist Gott, der frei nach den Ideen wirkt und Alles zum Guten gestaltet. Daneben giebt es aber noch eine zweite Ursache, welche nothwendig wirkt und der Grund ist von der Erscheinung und der Sichtbarkeit der Ideen, ihrer Abbildung. Sie übt auch einen Widerstand gegen die bildende Kraft der Ideen aus, woraus die Unvollkommenheiten der Welt entstehen. Das eine ist die finale, das andere die materielle Ursache der Naturbildung. Die letztere ist freilich nur ein Mitwirkendes, das aber Gott doch benutzt, um seine Ideen zu realisiren. Auch für einen blossen Schein unserer verworrenen Vorstellungen können wir die Materie nach PLATON nicht ansehen. Er nennt die Materie wohl das Nichtseiende, das aber ist das Werdende. Dass dies aber nichts objectiv Gegebenes, sondern nur etwas Subjectives sei, welches erst aus den Vorstellungen von den Dingen entsteht, dies ist doch nicht PLATON's Meinung. Die Materie hat allerdings nach ihm ein mehr negatives als positives Wesen. Denn sie ist nur das Unendliche, d. h. der ins Unendliche theilbare, an sich unbestimmte Stoff, der Ordnung und Maass, Form und Gestalt an sich nicht besitzt, aber annehmen kann. Auch wird sie dem Raume, wie es scheint, gleich gesetzt. Sie wird aber doch als der objective Grund der Erscheinung, des Werdens oder der Bewegung gedacht. Dies wäre nicht, wenn sie nicht wäre. Dann würde nur Gott und die Ideen, aber keine Erscheinungswelt sein, worin sie abgebildet werden und die soviel nur möglich dadurch zum Guten geordnet werden soll.

Die Welt ist ein aus Geist und Körper zusammengesetztes Ganze. Gott machte das Ganze, indem er Vernunft in die Seele und die Seele in den Körper legte. Nach seiner Vorsicht ist die Welt ein vernünftiges, beseeltes und lebendiges Ganze geworden, das keiner Krankheit und keinem Alter unterworfen ist. In ihr giebt es keine Kraft, welche sie theilen und auflösen könnte. Nur Gott, der die Welt zusammenband, würde sie auch wieder lösen können. Denn alles Gebundene ist lösbar durch den, der es zusammenband.

Das schön Gefügte und wohl Bestehende aber lösen wollen, wäre ein frevelhaftes Unternehmen, das man Gott nicht zuschreiben kann. Die Welt ist daher ein vollständiges in sich abgeschlossenes Ganze geworden. Als lebendiges Wesen gleicht sie aber nicht in allen Stücken den lebendigen Wesen in ihr. Da sie alles Körperliche in sich umfasst, kann sie keine Organe der Assimilation und der Secretion, der sinnlichen Empfindung und der Bewegung auf etwas Äusseres haben. Sie ist so gebildet, dass alles Thun und Leiden nur in ihr und aus ihr ist. Ebenso ist sie der Inbegriff aller Formen und hat daher die Kugelgestalt, welche alle Formen umfasst. Als Körper aber hat sie weder ein Oben noch ein Unten. Auch alle Bewegungen umfasst sie in ihrer Kreisbewegung, der Bewegung ohne alle Irrung. Sie ist das vollkommene Abbild des ewigen und unsichtbaren Gottes, und selbst ein gewordener seeliger Gott, einzig in ihrer Art, sich selbst genug und keines anderen bedürftig.

Ganz gleich aber konnte die Welt dem Ewigen nicht werden. Sie ist nur das bewegliche Abbild des Ewigen. Dies bewegliche Bild der Ewigkeit ist die Zeit. Zur Sonderung und Bewahrung der Zeit, der Tage und Nächte, der Monate und Jahre sind die Sonne und der Mond und die fünf Planeten bestellt und in nach Zahlenverhältnissen fortschreitender Bewegung begriffen. Nur durch die regelmässige Bewegung des Himmels sei eine geordnete und mannigfaltige Zeit möglich. Die Weltkörper sind Zeitbestimmungswerkzeuge. In der Bewegung der Gestirne unterscheidet Platon zwei Hauptkreise, den Fixsternkreis und den Planetenkreis. Die Planeten haben ausser der den Fixsternen eigenthümlichen zweifachen Bewegung um ihre eigene Axe und vorwärts um den Himmelsäquator noch eine dritte, wodurch sie ihre eigene Stellung gegen einander wechseln, eine Art Spiralbewegung. Ueber die Stellung, welche nach Platon die Erde zu den Gestirnen einnimmt, herrschten schon unter den Alten verschiedene Meinungen. Neuerdings hat Gruppe [1] die Meinung aufgestellt, Platon lehre, dass die Erde sich um ihre Axe bewege, ja er will sogar bei ihm die ersten Spuren einer Bewegung der Erde um die Sonne gefunden haben. Gruppe muss aber doch einräumen, dass die von Platon gewählten Ausdrücke, worauf er sich stützt, überall dunkel und zweideutig sind, nur meint er, Platon habe seine wahre Ansicht absichtlich nur verhüllt andeuten wollen. Boeckh [2] hatte schon früher und hat nun abermals gegen Gruppe nachgewiesen, dass nach Platon die Erde in der Mitte der Welt ruht und der Fixsternhimmel sie umkreist, sie also weder um ihre Achse noch um die Sonne sich bewegt.

Die vier Elemente Feuer, Wasser, Luft und Erde werden als Formen der gleichen an sich eigenschaftslosen Materie aufgefasst. Sie kann diese Formen oder Zustände nach einander annehmen und jedes Element kann in jedes andere übergehen. Die Materie ist ihr gemeinschaftlicher Träger. Die vier Elemente werden aber theils auf sinnliche Beschaffenheiten, theils auf geometrische Formen zurückgeführt. Als körperlich müsste die Welt sichtbar und tastbar sein.

---

[1] Die kosmischen Systeme der Griechen.

[2] De platonico systemate coelestium globorum et de vera indole Astronomiae Philolaicae und Untersuchungen über das kosmische System des Platon's.

Ohne Feuer aber ist nichts sichtbar und ohne Erde nichts fest und tastbar. Es musste daher der Weltkörper zuerst aus Feuer und Erde gebildet sein. Platon deducirt diese beiden Elemente also als Bedingung der sinnlichen Wahrnehmung der Körper. Die anderen beiden Elemente werden als vermittelnde Uebergänge zwischen Feuer und Erde aufgefasst, wodurch sie mit einander verbunden werden. Ferner werden aber die Elemente auch auf die 5 regelmässigen Körper, welche aus den Elementen aller Körperformen, den Dreiecken, construirt werden, zurückgeführt. Den Bestandtheilen des Feuers kommt die einfachste unter den geradlinigen Körperformen, die Gestalt des Tetraeders zu, welche aus vier gleichseitigen Dreiecken gebildet ist; den Bestandtheilen der Luft ist die des Octaeder, aus acht solchen Triangeln bestehend; den Bestandtheilen des Wassers die des Ikosaeders, aus zwanzig gleichseitigen Triangeln zusammengesetzt; endlich denen der Erde die Gestalt des Hexaeders, welche aus sechs Quadraten besteht, von denen jedes aus vier gleichschenklichen rechtwinklichen Triangeln hervorgegangen. Diese Bestandtheile sind so klein, dass sie erst zu einer Menge verbunden einen sichtbaren Körper darstellen. Der Gestalt des Dodecaeders bediente sich Gott wegen ihrer Annäherung an die Kugelform zur Entwerfung des Weltplanes für das Ganze. Durch die Sonderung und Wiedervereinigung der Dreiecke, woraus die Elementartheile bestehen, geschieht die Verwandlung der Elemente in einander. Der Umschwung des Himmels drängt allen Körperstoff so zusammen, dass nirgends eine Leere zurückbleibt, und ein beständiger Kreislauf aller Stoffe der Körper entsteht.

Die Welt hat aber nicht blos einen Körper, sondern auch eine Seele. Ihre Entstehung beschreibt Platon als eine Mischung aus entgegengesetzten Principien der Ideen und der Erscheinungen. Aus beiden muss die Seele bestehen, weil nur Gleiches durch Gleiches erkennbar ist. Was durch sie erkannt werden soll, muss auch in ihr sein. Die Weltseele wird dann gedacht auf der einen Seite als der Grund der Bewegung und der Gestaltung, der Ordnung und der Harmonie, der Zahlen und Maassverhältnisse in der Natur und auf der anderen Seite als das Princip des Bewusstseins im Ganzen, wie im Einzelnen. Sie ist nicht das eine ohne das andere. Sie kann nicht das Princip des Erkennens sein, wenn sie nicht auch der Grund des Erkennbaren ist. Erkennbar wird die Natur aber erst durch die Ordnung, die in ihr herrscht, welche eine in einer Einheit befasste und von ihr durchdrungene Vielheit ist. Die Alten haben von der Seele einen weiteren Begriff als die Neuern, die sie nur als das Princip des Bewusstseins auffassen.

Nach den vier Elementen unterscheidet Platon auch vier Arten besonderer Naturwesen: die Gestirne, welche aus Feuer bestehen, und die lebendigen Wesen, welche in der Luft, die im Wasser, und die auf der Erde leben. Die Gestirne sind die gewordenen und sichtbaren Götter, die, da sie von dem obersten Gotte unmittelbar erzeugt werden, selbst unsterblich geworden sind. Die drei anderen Arten lebendiger Wesen werden aber von den zweiten Göttern, den Weltkörpern, hervorgebracht und sind daher sterblichen Geschlechts. Diese Wesen haben alle eine gleiche Geburt und sind allen Gestirnen in gleicher Zahl zugetheilt. Sie haben alle eine gleiche Geburt, d. h. sie sind alle nach

einem Grundtypus, dem des (männlichen) Menschen, der der Endzweck der Natur ist, gebildet. Alle Arten der lebendigen Wesen sind nur verschiedene Entwicklungsformen der einen Idee des (männlichen) Menschen. Nicht nur allen Menschen, sondern der ganzen Schöpfung der Einzelwesen liegt ein und dieselbe Idee zu Grunde, worin sie alle die gleiche Geburt haben. Die Ideen Platon's sind daher auch nicht für sich seiende Substanzen, selbständige Kräfte, sondern nur Formen und Gesetze für die Erzeugnisse der Natur. Alle Ideen (*species*) sind überdies nur Transformationen einer Idee. Ihre Realität liegt nur darin, dass sie die Gesetze sind für die Entwicklung und die Erkennbarkeit der unterschiedlichen Naturwesen. Die Ideen sind die Naturgesetze Gottes, welche die materielle Welt regieren und in ihren Erscheinungen sich abbilden.

§. 70. Die Physik des Aristoteles.

Aristoteles war geboren zu Stagira Olymp. 99, 1 (384 v. Chr), starb Olymp. 114, 3 (322 v. Chr.). Die Physik beschäftigt sich nach ihm mit den Körpern. Auch die Seele und den Geist betrachtet sie nur in ihrer Verbindung mit dem Körper. Was von Natur ist, hat das Princip der Bewegung und der Ruhe in sich, was aber die Kunst des Menschen erzeugt, hat das Princip der Bewegung und Ruhe nicht in sich selbst. Die Natur ist in allen Dingen ein wirkender Grund ihrer Veränderungen und ihres Beharrens. In der Natur geschieht Alles nothwendig, stets in derselben Weise. Was aber der vernünftige Geist erzeugt, kann in verschiedener Weise geschehen, denn die Vernunft hat die Wahl zwischen den entgegengesetzten Bestimmungen des Guten und des Bösen

Aristoteles geht in seiner Naturansicht jedoch aus von der Analogie der Natur mit der Kunst. Wie jedes Kunstwerk, so soll auch jedes Naturproduct aus vier Ursachen erklärt werden, aus der Materie, der Form, der Bewegung und dem Zwecke. Kunst und Natur setzen voraus einen Stoff, der von Aussen eine Form und Gestalt empfängt, eine bewegende Thätigkeit, wodurch die Form an den Stoff gebracht wird und einen Zweck, der sich in der Thätigkeit vollzieht. Alles Gegebene in der Natur besteht daher aus einer Materie und hat eine bestimmte Form; alle Veränderungen aber werden bewirkt durch eine bewegende Ursache und realisiren einen Zweck. Materiell sind die Dinge, wiefern sie das Vermögen haben, eine Form zu empfangen, in der Form aber besteht ihr wirkliches Wesen. Die Form empfangen sie durch die bewegende Ursache; sie ist aber zugleich der Zweck, welcher sich in der Veränderung realisirt.

Den Begriff der Materie denkt Aristoteles im Gegensatze zu dem Begriffe der Form. Die Materie ist die Grundlage und die Bedingung von allen Veränderungen. Dass es überall Veränderung giebt, davon ist der Grund die Materie. Das Werden kann weder aus dem Nichts, noch aus der vollkommenen Wirklichkeit hervorgehen, denn aus Nichts entsteht nichts und was schon vollkommen wirklich ist, kann auch nicht erst werden. Hervorgehen kann das Werden nur aus dem Seienden, welches noch nichts Wirkliches ist, aber die Anlage oder Vermögen hat, Bestimmungen zu empfangen. Das Seiende, was das Vermögen hat, Alles zu werden, aber nicht schon wirklich ist, was daraus

wird, ist die Materie. Da sie nur die Potenz zu aller Wirklichkeit ist, so hat sie an sich keine Gestalt, kann aber jede annehmen, ebenso ist sie an sich ohne alle Bewegung, kann aber jede aufnehmen. An sich ohne alle Qualität, kann sie doch jede empfangen. Die qualitätslose Materie hat nur ein quantitatives Dasein. Sie ist das Unendliche, d. h. der ins Unendliche theilbare Stoff. Ins Unendliche theilbar muss der Stoff sein, weil er alle Bestimmungen soll empfangen können. Da der Materie an sich alle Bestimmungen fehlen, sie aber die entgegengesetzten annehmen kann, ist sie auch der Grund von allem Zufälligen in der Natur. Die Materie ist das völlig passive Sein, aber doch ein Sein, woraus Alles werden kann. Unter Form versteht Aristoteles das, was eine Sache ihrer Wirklichkeit oder ihrer Wirksamkeit nach ist oder geworden ist. Als Form sieht Aristoteles in der Natur auch die Gestalt an, welche eine Zusammenordnung der materiellen Theile eines Körpers zu einer bestimmten Figur ist. Die Form ist die Kraft, welche die Stoffe in einer gewissen Ordnung mit einander verbindet. Die Materie selbst ist ewig, aus nichts anderem entstanden und das Werden in der Natur ist ohne Anfang und Ende. Aber auch die Form ist von Ewigkeit her, denn alles Gewordene ist eine Verbindung der Form mit der Materie. In dem Gegebenen ist der Gegensatz zwischen der Form und der Materie nur ein relativer. Materiell ist Alles, sofern es noch eine weitere Perfection durch die Form erleiden kann, und wirklich oder Form ist Alles, sofern die Materie Bestimmungen an Grösse, Bewegung, Gestalten und sonstigen Eigenschaften angenommen hat, was aber in allem Gewordenen der Fall ist. Nur Gott ist die reine Form, oder die reine Thätigkeit, ohne alle Materie, die absolute Wirklichkeit, die keiner Perfection mehr fähig und deshalb ohne Materie ist. In ihm ist Alles wirklich, wovon in der Materie nur das Vermögen ist, dasselbe zu empfangen. Das Wirkliche ist aber dem Begriffe der Zeit und dem Wesen nach früher als das Mögliche, denn sonst wäre es möglich, dass gar nichts wäre. Gott aber hat die Materie nicht gesetzt, denn sie ist ewig, da sie als das Substrat aller Formen und Veränderung nur aus sich selbst entstehen und in sich selbst vergehen kann. Zwischen der reinen Materie und der absoluten Wirklichkeit Gottes liegt das Reich der gewordenen und werdenden Dinge, die, weil sie materiell sind, ewige werden.

Unter Bewegung versteht Aristoteles jede Thätigkeit, wodurch etwas entsteht. Die heutige Physik gebraucht diesen Begriff im engsten, Aristoteles im weitesten Umfange. Alle Veränderung setzt eine bewegende Ursache voraus. Die Veränderung selbst besteht in dem Uebergange von dem, was eine Sache der Möglichkeit nach oder materiell ist, zu dem, was sie der Wirklichkeit oder der Form nach ist. Dieser Uebergang ist aber nur durch eine bewegende Ursache möglich. Er liegt nicht selbst in der Materie, denn die Möglichkeit geht nicht durch sich selbst in die Wirklichkeit über. Der Same keimt nicht ohne bewegende Ursache. Der Körper, ob er gleich beweglich ist, verändert doch nicht seinen Ort, seine Gestalt, seine Beschaffenheiten ohne eine bewegende Ursache. Das Wirklichwerden der Dinge geschieht nur durch ein der Wirksamkeit nach schon Seiendes, wie es die bewegende Ursache ist. Bewegt kann ein

Körper nur werden durch einen anderen, der selbst schon in Bewegung ist. Die Dinge verändern sich nicht von selbst, obgleich sie in ihrer Materie das Substrat dazu enthalten. Man denkt wohl, wenn nur die Materie vorhanden ist, dann sei schon genug da, das Uebrige mache sich von selbst. Allein das ist nach dem Aristoteles nicht der Fall. Das Wirklichwerden ist durch etwas, das schon wirklich ist, bedingt. Nur die vorhandenen Substanzen bringen andere und zwar gleichartige hervor. Niemand ist der Sohn des Menschen überhaupt, sondern Achilleus ist der Sohn des Peleus. Alles hat seine besondere bewegende Ursache und jede hat ihre besonderen Wirkungen.

In dem Begriffe der Bewegung liegt auch der Begriff der Continuität, denn sie lässt sich nur als continuirlicher Uebergang aus dem einen Zustand in den anderen denken. Damit in Verbindung steht auch der Begriff des Unendlichen in der Natur. Das Unendliche des Räumlichen besteht nicht in der Ausdehnung, da jeder Körper nothwendig eine begrenzte Grösse ist, sondern in der Theilbarkeit der ausgedehnten Grösse in stets theilbare Grössen. Das Unendliche der Zahl besteht in ihrer Vergrösserung, während sie einen Endpunkt des Kleinsten hat, in der untheilbaren Eins. Die Zeit aber ist ohne Anfang und ohne Ende, unbegrenzt nach beiden Seiten. Das Unendliche ist aber in der Natur niemals wirklich, da das Unendliche zu durchlaufen unmöglich ist. Das Unendliche ist nur in der Bewegung des Zählens oder des Theilens vorhanden, wodurch in steter Folge immer anderes hervortritt. Es hat immer etwas ausser sich, das dazu hinzugefügt werden kann. Was aber nichts ausser sich hat, das ist ein Vollendetes und Ganzes. Das Unendliche ist das Unerkennbare, das die Natur flieht, da sie das Ganze und Vollendete will.

Der Begriff der Bewegung führt den Aristoteles auch zu dem Begriff des Raumes. Wenn nicht Bewegung im Raume wäre, würden wir nicht nach dem Wesen des Raumes fragen, der selbst unbewegt ist, denn die Körper bewegen sich im Raume. Er ist auch verschieden von den Körpern im Raume, da derselbe Ort bald von dem einen, bald von dem anderen eingenommen wird. Aristoteles sieht den Raum als etwas Objectives an. Der Raum bleibt immer derselbe, was sich auch in ihm befindet und bewegt. Er ist ein unbewegliches Gefäss; das was in ihm ist, kann aber bewegt werden. Aristoteles schreibt daher den Körpern auch einen wirklichen Ort objective zu. Die Erde ist im Wasser, als in ihrem natürlichen Orte, das Wasser in der Luft, die Luft im Aether, der Aether im Himmel, der Himmel aber ist in keinem Raume, sondern er umfasst Alles, was im Raum existirt. Auch die Abmessungen des Raumes werden objective genommen. Die Zeit ist ebenfalls nicht ohne die Bewegung für uns wahrnehmbar. Sie ist aber nicht selbst die Bewegung, sondern das Maass oder die Zahl der Bewegung nach dem Vorher und Nachher. Das Mehr oder Weniger beurtheilen wir durch die Zahl, die mehrere oder wenigere Bewegung aber nach der Zeit. Die Zeit aber würde nicht sein ohne die zählende Seele, das Gegenständliche an der Zeit liegt in der Bewegung selbst.

Alle verschiedenen Arten der Veränderung in der Natur, wie das Entstehen und Vergehen, das Wachsthum und die Verwandlung sind bedingt durch die örtliche Bewegung, theils weil sie ohne Annäherung und Entfernung der Stoffe

nicht möglich sind, theils weil sie einen Anfang und Ende haben und daher nicht beständig sein können. Die primitivste aller örtlichen Bewegungen, die daher auch alle Veränderungen in der Welt bedingt, ist die unaufhörliche und stetige Kreisbewegung des Himmels, die eine unmittelbare Wirkung ist des ersten Bewegers der Welt, welches Gott ist. Er ertheilt dem Weltkörper vom Umkreise aus den Impuls zur Kreisbewegung. Alle Bewegung in der Welt ist nur durch einen ersten Beweger möglich. Gott aber bewegt die Welt, wie das Begehrte uns in Bewegung setzt. Was begehrt wird, bewegt, ohne selbst bewegt zu sein. Gott bewegt die Welt dadurch, dass er Alles ist, was die Materie zu sein begehrt, wodurch er in ihr beständig das Streben nach Gestaltung hervorbringt.

Die vierte Ursache, woraus die Veränderungen der Dinge zu erklären sind, ist der Zweck. Gott und die Natur thun nichts ohne Zweck. Der allgemeinste Zweck des Werdens ist das Sein. Die Dinge werden, damit sie sind. Die Natur als Princip der Bewegung ist auch Zweckthätigkeit, da jede Bewegung ein Ziel hat. Die Zwecke sind aber den Thätigkeiten, wodurch sie realisirt werden, immanent. Die ganze Natur ist voll von Zwecken, die sich aber in ihr bewusstlos realisiren. Dies beweist die Ordnung und der regelmässige Gang, die in der Natur herrschen, der Instinkt der Thiere, die Organisation der Pflanzen und der Thiere. In der Natur ist aber die Zweckmässigkeit durch die Materie beschränkt, worin sie sich verwirklicht. In der Natur geschieht daher nicht Alles aus dem Zweck, sondern Vieles auch aus der Nothwendigkeit der Materie. Die Materie setzt der Formirung selbst einen Widerstand entgegen, weshalb der Zweck in der Natur nicht rein zur Darstellung kommt. Deshalb tritt auch das, was dem Wesen nach das Erste ist, in der Entwicklung als das Letzte hervor. Zuerst entsteht die ungeordnete Materie und das Werden und erst hieraus erzeugen sich die vollkommneren Formen. Das Vollkommnere gelingt der Natur immer erst später, indem sie erst allmählig den Widerstand der Materie überwindet. Weil die Natur aber nicht ohne die Materie zweckmässig thätig sein kann, so entsteht auch manches nebenbei, was bei dem Zwecke nicht ausgeschlossen werden konnte. Dies ist das Zufällige in der Natur. Davon geben namentlich einen Beweis die Missgestaltungen und Missgeburten. Sie sind Fehler oder Missgriffe der Natur. Fehlen aber kann die Natur, weil sie ohne Bewusstsein handelt, nur allmählig zum Vollkommnen forschreitet und die Materie einen beständigen Widerstand ausübt. Alle Verstümmelungen in der Natur sind nur ein Stehenbleiben in einer unvollendeten Thätigkeit. Aber die Nothwendigkeit der materiellen Ursache ist doch zugleich eine durch die Zweckthätigkeit bedingte. Nothwendig ist die Säge von Eisen, aber der Grund ihres Daseins ist der Zweck, zu dem sie dient. In der Natur herrscht jedoch nicht blos Zweckmässigkeit, sondern auch ein allgemeiner und letzter Zweck. Diesen findet auch Aristoteles wie Platon im Menschen. Der Geist im Menschen ist der Zweck der Natur. Alle übrigen Gebilde erscheinen daher nur als unvollendete und misslungene Versuche der Natur, den Menschen hervorzubringen. Die Seelen der Thiere gleichen den Kinderseelen. Ihren höchsten Zweck erreicht die Natur nur im Menschen und zwar nur in dem Manne, zu dem das Weib sich als ein Unvollkommenes verhält.

Die vier Elemente leitet ARISTOTELES theils aus den sinnlichen Qualitäten der Körper, theils aus der Verschiedenheit der Bewegung ab. Da alle Körper fühlbar sind, müssen auch die entgegengesetzten Qualitäten des Gefühls die elementaren Verschiedenheiten der Körper enthalten. Diese Gegensätze sind kalt und warm, feucht und trocken. Indem diese Gegensätze paarweise mit einander verbunden werden, ergeben sich daraus die vier Elemente. Das Feuer ist warm und trocken, die Luft warm und feucht, das Wasser kalt und feucht, die Erde kalt und trocken. Die andere Ableitung der vier Elemente geht aus der Ansicht des ARISTOTELES über die Arten der Bewegung und den natürlichen Ort der Körper hervor. In der Sphäre unter dem Himmel ist die ursprüngliche Bewegung die von Oben nach Unten und von Unten nach Oben. Daher giebt es ein Element, das Feuer, dessen natürliche Bewegung die ist von Unten nach Oben, vom Centrum nach der Peripherie, und ein anderes Element, die Erde, dessen natürliche Bewegung die von Oben nach Unten, nach dem Centrum hin ist. Das eine ist das Schwere, das andere das Leichte von Natur. Zwischen beiden steht in der Mitte das Wasser und die Luft. Aus der Verbindung der vier Elemente, die durch Abstufungen in einander übergehen, entstehen alle Körper. Alle Elemente bilden zusammen ein Ganzes, einen in sich geschlossenen Kreis, worin die eine Grundform sich unaufhörlich in die andere umsetzt. Zu den vier Elementen kommt bei ARISTOTELES dann noch der Aether. Die Region der vier Elemente ist nur das Gebiet der auf und absteigenden geradlinigen Bewegung von der Erde und der Atmosphäre. Ebenso ursprünglich wie die geradlinige Bewegung sei in der Natur auch die kreisförmige Bewegung. Ihr Element ist der Aether, woraus der Himmel und alle Gestirne bestehen. Der Aether ist gegensatzlos wie die Kreisbewegung, welche stetig von einem Punkte zum andern übergeht. Im Aether giebt es nur örtliche Bewegung, kein Entstehen und kein Vergehen, kein Wachsthum und keine Verwandlung, die alle nur aus dem einen Gegensatz in den anderen übergehen. Er steht über den vier Elementen und ihrer irdischen Region als ein erhabenes, ewiges, unveränderliches und leidenloses Wesen, das allein Göttliche in dem Materiellen. Gäbe es nur Aether, so würde es auch kein Entstehen und Vergehen geben, sondern nur ewige Kreisbewegung. Das Gebiet des Entstehens und Vergehens, der Vergänglichkeit gehört nur der Erde und ihrer nächsten Umgebung an. Die Erde steht daher mit dem Himmel in einem Gegensatze. Das Gebiet der nie aufhörenden irdischen Veränderungen ist aber bedingt zunächst durch die Bewegung des Planetenhimmels und diese durch die ewige gleichförmige Kreisbewegung des Fixsternhimmels, wovon zuletzt alle übrigen Bewegungen in der Welt ausgehen.

Die Welt hat die Kugelgestalt, was theils aus der Kreisbewegung des Himmels, theils aus der Vollkommenheit der Kugelgestalt geschlossen wird. In der Mitte der Welt ruhend ist die Erde, den äussersten Umkreis bildet der Himmel. Auch die Erde hat die Kugelgestalt, was aus ihrem Schatten bei den Mondfinsternissen, aber auch aus dem Wesen des Erdkörpers bewiesen wird, da die Theile der Erde nur dann ihre natürliche Lage haben, wenn sie gleichmässig um die Mitte herumgelagert sind. Zu der planetarischen Region gehören ausser der Erde

auch die fünf Planeten, die Sonne und der Mond. Das Ganze umschliesst der Himmel.

Um den ruhenden Mittelpunkt, die Erde; bewegen sich die Weltkörper in Sphären, woran sie befestigt sind, so dass sie nur zugleich mit ihrer Sphäre, nicht abgesondert davon sich bewegen können. Nur die äusserste Sphäre, woran die Fixsterne befestigt sind, ist eine reine und gleichförmige Kreisbahn, während die Sphären der übrigen Weltkörper schief zusammengesetzt und ungleichförmig sind. Die Gestirne hält auch ARISTOTELES wie PLATON für beseelte Wesen, weshalb sie auch den Ursprung der Bewegung in sich selber haben. Beseelung schreibt ARISTOTELES aber auch den vier anderen Elementen zu, da sie eine eigenthümliche Bewegung haben, die von ihnen selbst ausgeht.

Jeder organische Körper [1] ist eine Mischung aus den vier Elementen. In diese Mischung geht aber auch das Element der Gestirne, der Aether, ein, der das Substrat der Wärme ist, welche alle Lebensfunctionen bedingt und dem Samen seine Fruchtbarkeit ertheilt. Der Organismus ist daher eine Verbindung aus allen Elementen des Kosmos. Das Princip des Lebens ist die Seele. Sie verhält sich zu ihrem Leibe wie die Sehkraft zum Auge. ARISTOTELES unterscheidet drei Arten der Seelen: die ernährende, die empfindende und die denkende. Die ernährende Seele kommt den Pflanzen zu, die empfindende mit der ernährenden den Thieren, und die denkende, verbunden mit der empfindenden und ernährenden, dem Menschen. Die frühere ist in der späteren als Bedingung enthalten, die erstere kann aber ohne die folgende sein. In der organischen Natur findet ARISTOTELES daher einen Fortschritt von dem Unvollkommneren zu dem Vollkommneren. Die Pflanzen nehmen nach den Elementen die unterste Stufe ein. Sie haben noch keinen Mittelpunkt des Lebens wie die Thiere, sie leben daher getheilt fort und haben deshalb auch keine Empfindung und willkürliche Bewegung. Die Vollkommenheit der Thiere zeigt sich namentlich darin, dass sie im Herzen einen Mittelpunkt des Lebens haben, daher haben sie Empfindung und willkürliche Bewegung. Auch im Thierreiche findet ARISTOTELES eine Stufenleiter nach der Art der Fortpflanzung, der regelmässigen und symmetrischen Lage ihrer Organe und der getrennten Function der Organe. Die ernährende Seele ist auch die fortpflanzende, denn die Zeugung ist nur eine Fortsetzung des Ernährungsprocesses. Dem Ernährungsprocesse steht aber die Seele vor, weil die Ernährung nach Ziel, Maass und Verhältniss geschieht und nicht ins Unbestimmte erfolgt, wie das Wachsthum des Feuers. Alle Thiere haben wenigstens Gefühl und Geschmack, nicht alle aber haben willkürliche örtliche Bewegung. Sie bedürfen derselben nicht, wenn sie an der Stelle, wo sie sind, schon ihre Nahrung finden. Alle beweglichen Thiere bedürfen aber der Empfindung, damit sie ihre Nahrung finden können. Die Ortsveränderung tritt daher in der Reihe der lebendigen Wesen als das Letzte und Höchste hervor, während sie im Kosmos die primitivste und die Bedingung aller Veränderungen ist. Was aber dem Wesen nach das Erste ist, das ist in

---

[1] JÜRGEN BONA MEGER ARISTOTELES' Thierkunde. Ein Beitrag zur Geschichte der Zoologie, Physiologie und Philosophie.

der Entwicklung der Dinge das Letzte. So tritt auch zuletzt erst im Menschen die vernünftige Seele hervor, während von Anfang an das Universum durch die göttliche Vernunft bedingt ist.

§. 71. Die Naturphilosophie der Stoiker.

Der Stifter der stoischen Schule ist Zeno von Kittium, dessen Geburts- und Todesjahr sich nicht genau angeben lässt. Er lehrte zur Zeit des Königs von Macedonien Antigonus Gonatas zu Athen (um 300 v. Chr.). Nach den Stoikern existiren nur Körper. Den Körper denken sie aber zugleich als eine Kraft, etwas zu thun und zu leiden. Daher schliessen sie auch umgekehrt aus dem Wirken und Leiden auf die Existenz des Körpers, denn was wirkt und leidet, ist ein Körper oder körperlich. Daher ist auch die Seele ein Körper. Die Eigenschaften der Körper sind auch Körper. Sie sind daher auch nicht undurchdringlich, sondern durchdringlich, da mehrere Eigenschaften in der Einheit eines Raumes verbunden sind. Die Abhandlung von den Körpern zerfällt in zwei Theile. Der eine handelt von dem, was die Körper thun, der andere von dem, was sie leiden oder in ihnen hervorgebracht wird. Das Princip des Leidens, der Empfänglichkeit ist die an sich eigenschaftslose Materie, woraus und worin Alles wird. Dem Vermögen nach ist sie ins Unendliche theilbar, der Wirklichkeit nach aber nicht eine unendliche, sondern eine begrenzte Grösse. Die Masse kann weder grösser noch kleiner werden. Die ganze Masse der Welt aber ist von dem unendlich Leeren umgeben. Das Leere ist nicht in der Welt, sondern ausser ihr. Das Thätige, die wirkende Ursache in der Materie ist Gott. Beides ist aber nicht Zweierlei, sondern eins und dasselbe. Gott als die thätige und bildende Kraft in der Materie ist wesentlich mit der Materie verbunden, so wie umgekehrt die Materie nicht von der thätigen Kraft in ihr getrennt werden kann. Die Welt ist nur die Materie Gottes und Gott ihre sie bildende und formende Kraft, welche zugleich Vorsehung und Vernunft ist. Gott wird auch der Alles durchdringende Aether, das weltbildende künstlerische Feuer, der Zusammenhang aller Dinge, das allgemeine Gesetz der Welt, die Natur und das Verhängniss genannt. Es sind das nur verschiedene Auffassungen desselben Principes. Alles ist Gott selbst oder eine Existenzform der Gottheit. Zu Anfang war Gott für sich, dann hat er seine Materie in die verschiedenen Elemente verwandelt. Das Feuer verwandelt sich in Luft, dann in Wasser, daraus wurde ein Theil Erde, ein anderer blieb Wasser, und ein dritter ward Luft, woraus sich wieder das Feuer entzündet. Erst durch diese Scheidung entsteht auch der Gegensatz des thätigen und leidenden Principes. Alles Einzelne besteht aus der Verbindung der Elemente. Der Process der Entstehung geht auch wieder über in den Process der Rückkehr aller Dinge in Gott. Am Ende entsteht die allgemeine Weltverbrennung und der Stoff geht in Gott zurück. Diese Wandlung aller Dinge ist das grosse Weltjahr. Die Weltbildung ist eine Periode des göttlichen Lebens, worin Anfang und Ende sich gleich sind. Am Ende ist wie im Anfange Alles Gott. Die Rückkehr ist aber zugleich wieder der Anfang einer neuen Weltbildung ins Unendliche. In diesem steten Fluss der Dinge ist Gott die eine beharrende bildende Kraft.

§. 72. Die Atomenlehre Epikur's.

Epikur, geboren Olymp. 109, 3 (342 v. Chr.), starb Olymp. 127, 2 (271 v. Chr.). Seine Physik ist eine Erneuerung der Atomistik des Demokritos. Die atomistische Erklärungsart erscheint ihm probat, nicht weil sie die zutreffendste ist, sondern weil sie das beste und einzige Heilmittel ist wider den Aberglauben und die Furcht vor den Göttern. Sie erscheint ihm als das beste Mittel zur Beruhigung des Gemüths. Demokrit hat die Atomistik aus wissenschaftlichen, Epikur aber aus praktischen Gründen angenommen. Ausser den Körpern muss ein leerer Raum angenommen werden, in welchem sich die Körper befinden und worin sie sich bewegen können. Ausser den Körpern und dem leeren Raume aber existirt nichts. Die wahrnehmbaren Körper sind zusammengesetzt und theilbar. Ihre Theilung kann jedoch nicht ins Unendliche gehen, da ein begrenzter Körper nicht unendlich viele Bestandtheile in sich enthalten kann, und weil, wenn die Theilung unendlich wäre, das Wirkliche in Nichts aufgelöst werden würde, aus Nichts aber nichts entstehen kann. Es muss daher einfache Körper oder Atome geben, die nicht entstehen und vergehen, und sich nicht verändern können. Sie sind vollkommen dicht, ohne leere Zwischenräume. Auch haben sie keine sinnliche Beschaffenheit, sondern nur Gestalt, Grösse und Schwere. Durch ihre verschiedene Grösse, Gestalt und Schwere unterscheiden sie sich von einander. Weil es eine Grenze der Theilung giebt, so soll auch die verschiedene Gestalt der Atome eine begrenzte, aber keine unendliche sein, was Demokrit gelehrt hatte. Die Zahl der Atome aber, wie der Raum, worin sie sind und sich bewegen, ist unendlich, weil im unendlich Leeren eine endliche Menge von Atomen sich zertheilen und nirgends verweilen würde und weil eine unendliche Zahl von Atomen im begrenzten Raume keinen zureichenden Platz haben würde. Der leere Raum ist aber theils um die Atomen von einander zu trennen, theils für ihre Bewegung nothwendig. Alle Atome sind von Ewigkeit her vermöge ihrer Schwere und weil es im Leeren keine Stützen giebt, in einer Bewegung nach Unten begriffen. Im leeren Raume, wo nichts der Bewegung Widerstand leistet, fallen auch alle Atome gleich schnell, ungeachtet ihres verschiedenen Gewichts, welches auf der Verschiedenheit ihrer Grösse und ihrer Gestalt beruht. Wäre der Fall der Atome nur stets ein vollkommen senkrechter gewesen, so würde nie ein Zusammenstossen derselben und eine Zusammensetzung der Körper stattgefunden haben. Dies sei nur möglich gewesen, wenn zu irgend einer Zeit, an irgend einem Orte, eine wenn auch nur unmerkliche Abweichung von der geraden Falllinie stattgefunden habe. Die Annahme einer zufälligen und willkürlichen Abweichung von der geraden Falllinie durch eine innere Kraft der Atome, die nicht von ihrer Schwere abhängt, macht nun Epikur, wodurch er sich von Demokrit unterscheidet. Wäre Alles dem Gesetz der Schwere unterworfen, würde Alles nothwendig sein; da es aber auch eine Abweichung davon giebt, herrscht in der Natur neben der Nothwendigkeit auch der Zufall und die Willkür. Indem die Atome zufällig auf einander stossen und sich zurückstossen, entsteht eine Wirbelbewegung, woraus die Vielheit der sichtbaren Körper und Welten hervorgeht. Ohne alle Absicht entstehen unendlich

verschiedene Aggregate von Atomen und unendlich viele Welten, welche einander theils ähnlich, theils unähnlich sind. Ohne alles Gesetz entstehen und vergehen sie. Jede Qualität der sinnlich wahrnehmbaren Körper und Welten ist wandelbar und eine Folge der veränderlichen Aggregationen der unveränderlichen Atome, wovon die scheinbaren Naturzwecke zufällige Naturproducte sind. Denn alles geschieht ohne Zweck, entweder zufällig oder nothwendig.

§. 73. Der Uebergang von der griechischen zur modernen Naturphilosophie.

Den Uebergang von der griechischen zu der modernen Naturphilosophie bildet die Tradition der aristotelischen Physik durch das Mittelalter. Die christliche Philosophie vernachlässigte ursprünglich die Physik. Erst mit dem Streben der Scholastiker nach einem vollständigen Systeme der Philosophie tritt dagegen eine Reaction ein. Diese Richtung geht aus von ALBERTUS MAGNUS, dem sich THOMAS VON AQUINO, DUNS SCOTUS und Andere anschliessen. Mit dem Streben nach einer systematischen Darstellung der Philosophie tritt auch das Bedürfniss nach einer Physik wieder hervor, als eines integrirenden Theiles des Systemes der Philosophie. Man erkannte, dass das geistige und vernünftige Leben eine physische Grundlage hat, ohne deren Erkenntniss auch das höhere nicht richtig verstanden werden kann. Diese Erkenntniss suchte man aus der Physik des ARISTOTELES zu entnehmen, womit die Scholastiker durch die Araber, welche sich angelegentlichst mit dem ARISTOTELES beschäftigten, bekannt wurden. So wurde die physische Weltansicht des ARISTOTELES renovirt. Denn weniger durch eigenes Nachdenken und selbsterworbene Erfahrung suchte man sich zu belehren, da ein Bedürfniss nach der Naturerkenntniss wieder hervortrat, als aus den Schriften des ARISTOTELES. Er hatte unter den griechischen Philosophen das ausgebildetste System der Naturphilosophie aufgestellt und dies System wurde nun von neuem belebt und verbreitet. Zugleich damit nahmen die Scholastiker auch die astrologischen und alchemistischen Lehren der Araber an, die ihnen den ARISTOTELES verarbeitet überlieferten. Die Araber hatten schon angefangen mit der Naturforschung sich zu beschäftigen und wurden die Erfinder der Algebra und der Alchemie. Sie beobachteten zuerst während des Mittelalters den Himmel und erforschten die Elemente. Hierdurch ist es veranlasst worden, dass die neuere Physik und die moderne Naturphilosophie sich gebildet hat in Opposition und in Polemik mit der Physik des ARISTOTELES. Dies grösste Werk der Alten musste erneuert und der modernen Zeit überliefert werden, damit die mechanische Physik ihre Kräfte daran messen und prüfen konnte. Aus den irrigen Vorstellungen des ARISTOTELES sind doch die richtigen Begriffe hervorgegangen, freilich nur nach langer und mühevoller Arbeit.

Ganz unverändert sind jedoch die Lehren des ARISTOTELES durch die Araber und Scholastiker der neueren Zeit nicht überliefert worden. So sklavisch schlossen sie sich nicht an den ARISTOTELES an, dass sie ihm nur nachbeteten. Sie haben auch seine Lehre nicht blos für ihre Zwecke angewandt, sondern sie auch modificirt. Dies tritt namentlich an einem Punkte, dem Begriffe der Materie, hervor, den zuerst IBN ROSCHEL (AVERROES) ins Auge fasst und worin

ihm der Aristoteles unter den Scholastikern, Albertus Magnus, folgte [1]. Aristoteles hatte den Begriff der Materie im Gegensatz zu dem Begriffe der Form bestimmt, beide lagen völlig ausser einander. Nach ihm tritt die Form erst durch die bewegende Ursache zur Materie hinzu, weshalb die Materie an sich völlig eigenschaftslos und gleichgültig gegen jede Form sein soll. Diesen Dualismus heben Ibn Roschel und Albertus Magnus auf, indem sie annehmen, dass die Form selbst schon in der Materie liegt. Die Gestaltung einer Sache sei nur die Eduction ihrer immanenten Form (wie bei der Krystallisation und Organisation). Die Materie ist nicht völlig gleichgültig gegen die Form, sondern nimmt für sich nur die Form an, welche ihrem Wesen entspricht. Die Materie ist nur der niedrigste, noch unentwickelte Zustand von dem, was in seiner höheren Entwicklung als Leben, Seele und Geist sich darstellt. Was aus der Materie wird, liegt schon in ihr, indess nach dem Aristoteles sie Alles, was sie wird, von Aussen empfängt, weshalb er die Formen für ebenso ewig ansieht als die Materie. Aus der Aufhebung des aristotelischen Dualismus werden dann auch noch andere Folgerungen gezogen. So schliesst Albertus Magnus daraus, dass Gott nicht blos wie bei Aristoteles der Bildner der ewigen Materie, sondern ihr Schöpfer sein müsse, da Materie und Form in einander liegen.

In der Zeit des Mittelalters fehlen auch nicht ganz die Bestrebungen, welche nachher zu einer neuen Begründung der Naturwissenschaften und der Philosophie führten. Das beweisen nicht blos die Versuche der Araber in der Alchemie, ihre Beobachtungen des Himmels, ihre Erfindung der Algebra, sondern davon giebt auch ein Zeugniss das Auftreten von Roger Bacon [2] (1214—1293). Mit vorausschauendem Blick hat er die drei Wissenschaften vorzüglich empfohlen, welche in der Zeit der Wiederherstellung der Wissenschaften den neuen Weg der Forschung beginnen, die Mathematik, die Physik und die Sprachkunde. Die Mathematik sei die erste und leichteste Wissenschaft, worauf alle Erkenntniss beruhe, da sie allein einen wahren Beweis gewährt. Die Erfahrung aber soll dann die Mathematik ergänzen, denn ohne sie kann nichts genügend erkannt werden, erst die Erfahrung, das Schauen der Wirklichkeit des Bewiesenen beruhigt den Geist. Wenn Aristoteles den Beweis als Grund der Wissenschaft lehre, so setze er die Erfahrung als Grundlage des Beweises voraus. Von den abergläubischen Vorurtheilen seiner Zeit ist Bacon aber doch nicht frei, Lösung alchemistischer Räthsel, die Verlängerung des Lebens u. a. erwartet er von der Erfahrung, die Mathematik preist er vorzüglich für die Ausbildung der Astrologie, denn das Irdische kann man nur durch das Himmlische, das Himmlische nur durch die Mathematik erkennen. In der Physik dringt er auf die Erkenntniss des Besonderen, das nicht weniger als das Allgemeine Realität habe und nicht allein aus einer Verbindung von Allgemeinheiten entstehe. Daher will er auch nicht die Form von der Materie getrennt wissen, und nicht eine

---

[1] H. Ritter, Geschichte der Philosophie. Thl. 8. S. 127 u. 213.

[2] H. Ritter l. l. Thl. 8, S. 473 u. f. — W. Whewell, Geschichte der inductiven Wissenschaften, übersetzt v. J. J. v. Littrow. Thl. 1, S. 322 u. f. — H. Steffens, Polemische Blätter zur Beförderung der speculativen Physik. Heft 1, S. 14 u. f.

unbestimmte formlose Materie, sondern eine Vielheit verschiedener Materien anerkennen. Sein Sinn geht auf die selbständigere Ausbildung der weltlichen Wissenschaften, ohne dass er sich doch der theologischen Vorliebe entgegenzusetzen wagt. Es ist darin eine Vorahnung der Leistungen künftiger Zeiten enthalten.

2. Die Naturphilosophie seit der Wiederherstellung der Wissenschaften bis auf Kant.

§. 74.

Nicolaus Cusanus (1401—1464). Er war einer der Ersten, welche sich der Auctorität des Aristoteles entgegensetzten und selbständig zu denken begannen. Er schätzt die Mathematik wegen der Genauigkeit ihrer Messungen. Sie ist ein Muster der Wissenschaften. Von ihr entlehnt er die Symbole für seine philosophischen Gedanken. Dem Baseler Concil legte er einen Plan für Verbesserung des Kalenders vor. Auch die Physik beschäftigte ihn. Gott hat Alles nach Maass, Zahl und Gewicht geordnet. Wenn wir das specifische Gewicht aller Dinge bestimmen könnten, würden wir eine tiefe Einsicht in ihr Wesen und Wirksamkeit erhalten. Damit beschäftigt sich sein Werk *de stasicis experimentis*. Am berühmtesten ist sein Gedanke, dass die Erde sich bewegt und nicht das Centrum der Welt ist, was er aus speculativen Gründen nachweist. *Non habet igitur mundus circumferentiam, nam si centrum haberet et circumferentiam, et sic intra se haberet suum initium et finem et esset ad aliquid aliud ipse mundus terminatus et extra mundum esset aliud et locus quae omnia veritate carent. — Neque etiam ipsum mundi centrum plus intra terram quam extra. — Terra igitur quae centrum esse nequit, motu omni carere non potest, nam eam moveri taliter etiam necesse est, quod per infinitum minus moveri posset. — Ex his quidem manifestum est, terram moveri*[1]. Die Erde lässt er sich aber nicht um die Sonne, sondern mit dieser zugleich, aber langsamer, „um die immerfort wechselnden Pole der Welt“ bewegen[2]. Solche Ansichten auszusprechen, war in jener Zeit eine ausserordentliche Kühnheit. Nicolaus von Cusa setzte sich dadurch den allgemein verbreiteten und tief eingewurzelten Vorurtheilen aus der Physik des Aristoteles entgegen, wornach die sublunarische Region der Erde, die aus anderen Stoffen gebildet ist als der Himmel, mit diesem in dem Gegensatze des Ewigen und Vollkommenen mit dem Vergänglichen und Unvollkommenen steht. Da nach Cusanus aber die Erde sich bewegt und nicht im Mittelpunkt der Welt sich befindet, verwirft er zugleich diesen aristotelischen Gegensatz zwischen der Region des Himmels und der Erde. Die Erde ist nicht schlechter als die Sonne, die Planeten und der Fixsternhimmel, die Vernunft in uns nicht weniger werth, als die Intelligenz der Gestirne. Diese Ansichten des Nicolaus von Cusa haben doch vielleicht auch anregend auf Copernicus gewirkt. A. v. Humboldt[3] scheint das freilich nicht für wahrscheinlich zu halten. H. Ritter[4] meint aber, dass doch ein solcher Zusammenhang

[1] De docta ignorantia. Basileae. p. 38.
[2] Clemens, Giordano Bruno u. Nicolaus von Cusa. S. 97—100.
[3] Kosmos. II. S. 503.
[4] Geschichte der Philosophie. Thl. 9, S. 152.

wohl vermuthet werden kann, „wenn man bedenkt, dass Copernicus nach Regiomontan und Peuerbach sich gebildet hatte, dass die Theorie von der Bewegung der Erde im 15. Jahrhundert bei den italienischen Philosophen verbreitet war (Libri *Hist. des scienc. mathém. III, p. 99*) und Nicolaus von Cusa sie zuerst offen ausgesprochen hatte“.

§. 75. Franciscus Patritius (1529—1597).

Patritius [1] steht auf dem Standpunkte des Ueberganges von der Theosophie der Platoniker zur wissenschaftlichen Physik des Neueren. Wenn er gleich von den Begriffen der Platoniker ausgeht, so intendirt er doch eine physische Erklärung der Welt zu geben. Die Metaphysik dient ihm nur zur Bezeichnung der Grenze der Physik. Dem Aristoteles stellt er sich überall entgegen. Er nimmt einen absoluten Gegensatz an zwischen dem Geist und dem Körper. Die Körperwelt müssen wir zuerst anerkennen, da sie durch die Sinne bezeugt werden. Die Vielheit der Körper und ihre Bewegung können wir aber nicht ohne die Einheit und Thätigkeit des Geistes begreifen. Der Körper ist nur ausgedehnt im Raume, an sich ohne eigene Bewegung. Alle Thätigkeiten und Bewegungen in der Natur gehen aus vom Geiste, der nicht im Raume ausgedehnt und nicht theilbar ist. Er ist unendlich, die Körperwelt aber begrenzt, da alles Körperliche eine Gestalt hat. Aus diesem Gegensatze aber entspringt das Problem, zu erklären, wie Geist und Körper mit einander in Verbindung gedacht werden können. Eine unmittelbare Gemeinschaft kann zwischen ihnen nicht stattfinden, denn jede Wirkung in der Natur geschieht durch Berührung, Geist und Körper können sich aber nicht berühren, da nur der Körper, nicht aber der Geist im Raume ist. Der Geist würde, da seine Thätigkeit absolut ist, das Körperliche nur vernichten, wenn er es berührte. Nach der Weise der Platoniker setzt Patritius nun zwischen beiden vermittelnde Grade, denn Alles kann nur durch die mittleren Grade zum Dasein kommen. Als solche vermittelnde Grade betrachtet er die Seele und das Licht. Der Körper kann nur durch anderes bewegt werden, der Geist ist unbewegt, die leidenlose thätige Kraft, die Seele aber bewegt sich und ihren Körper. Sie soll daher zugleich unkörperlich und körperlich sein. Patritius bestreitet auch die Meinung der Peripatetiker, dass die Thiere von den Speisen, den begehrten Gegenständen bewegt werden. Nicht die begehrten Gegenstände sondern die begehrende Seele ist die Ursache der Bewegung. Auf der anderen Seite vermittelt den Uebergang vom Geist zum Körper das Licht. Die Quelle des Lichts ist Gott. Das erste Licht Gottes und des Geistes ist unkörperlich, aber schon das Licht der Sonne und der Sterne ist zugleich geistig und körperlich, jenes als Thätigkeit, als Bewegung, dieses weil das Sonnen- und Sternenlicht mit den Sinnen wahrgenommen wird. Aus dem Lichte leitet Patritius Alles ab. Zuerst wurde der Raum erschaffen, worin Alles ausser Gott ist. Das Licht ist die Erfüllung des Raumes und die Materie aller Dinge, woraus durch die Wärme, welche mit dem Licht verbunden

[1] Th. A. Rixner u. Th. Siber, Leben und Lehrmeinungen berühmter Physiker am Ende des XVI. und am Anfange des XVII. Jahrhunderts. Heft IV. — H. Ritter, Geschichte der Philosophie. Thl. 9, S. 576 u. f.

ist, der unendliche Fluss der Erzeugungen hervorgeht. Den Gestirnen schreibt PATRITIUS eine freie Bewegung zu und betrachtet den Himmel als unbewegt. Daher bestreitet er auch die Lehre des ARISTOTELES von der Kreisbewegung des Himmels und den Sphären, woran befestigt die Weltkörper sich bewegen sollen. Auch die Elemente des ARISTOTELES verwirft er, da nichts Körperliches einfach ist. Er nimmt vier andere Elemente an, den Raum, der Alles umfasst, das Licht, welches Alles erfüllt, den Fluss (Fluor), welcher alle veränderlichen Dinge hervorbringt, und die Wärme, die Begleiterin des Lichts, welche alle Körper bildet und belebt. Die Erde ist kein Element, sondern nur eine zusammengeballte und verdichtete Flüssigkeit, die durch Wärme zu ihrer ursprünglichen Natur zurückgebracht werden kann, sie sei daher nur scheinbar nicht flüssig. Die Physik des PATRITIUS macht sich zwar los von den überlieferten Vorstellungen, weist aber im Grunde nur auf Probleme späterer Forschungen hin, ohne auch nur den Weg ihrer Lösungen richtig anzuzeigen.

§. 76. GIORDANO BRUNO (1600 †).

Er [1] verwirft den Dualismus des ARISTOTELES, denn er will nicht, dass die Materie ausser Gott sei, da auch sie ihren Grund in Gott habe, der die Einheit von allen Gegensätzen ist, die sich in der Natur darstellen. Für ihre Erklärung müssen zwei Principien oder Factoren angenommen werden, eine allgemeine Materie, die in der Veränderlichkeit der Naturerscheinungen ihre sich gleichbleibende Substanz ist, und eine allgemeine Kraft, die mit Verstand und nach Zwecken die Materie von Innen gestaltet und bildet. Die allgemeine Materie ist der Aether, der alle Elemente umfasst und durchdringt. Als Theil in dem Zusammengesetzten heisst er Luft und in den organischen Wesen, wo er die Verbindung der festen Theile vermittelt, Lebensgeist. Daneben nimmt BRUNO noch zwei besondere Elemente an, das Feuer als Träger der Wärme und des Lichts und das Wasser als Träger der Kälte und der Finsterniss, welche mit einander in einem Gegensatz stehen. Die allgemeine Kraft der Natur nennt BRUNO auch den allgemeinen Verstand oder die Weltseele. Die lebendigen Werke in der Natur können nicht ohne Verstand hervorgebracht sein, da schon ihre leblose Nachahmung Verstand und Geist verlangt. Der productive Verstand der Natur gleicht dem unsrigen, übertrifft ihn aber unendlich. Materie und Kraft sind aber in der Natur unzertrennlich mit einander verbunden und haben ihren gemeinschaftlichen Grund in Gott, der ihre Einheit ist, die wir doch annehmen müssen, wenn wir sie auch nicht begreifen können. Die Materie ist nicht ausser Gott, sondern nur die Potenz, die Macht Gottes in der Natur. Die Natur ist die Materie selbst in ihrer erzeugenden Kraft. Sie geht aus Gott mit Nothwendigkeit hervor und wird von der Nothwendigkeit beherrscht. Was in Gott zumal und in einer Einheit verbunden ist, das stellt sich in der Welt in einer zeitlichen Aufeinanderfolge, von Moment zu Moment, und in Gegensätzen dar. In der Aufeinanderfolge der Zeiten soll daher auch jedes Ding Alles werden, wozu es schon die Anlage von Anfang an sich trägt. BRUNO

[1] RIXNER u. SIBER l. l. Heft V. — H. RITTER l. l. Thl. 9, S. 505 u. f.

will daher auch keinen Kreislauf in der Natur zugeben, vielmehr soll immer Neues entstehen, damit alle Dinge Alles werden. In der Welt sind aber auch die Gegensätze nothwendig, wodurch Alles in seiner Art besteht. Die Ordnung der Natur verlangt Verschiedenheit der Dinge, ihrer Arbeiten und Leistungen und keine bestialische Gleichheit, wie sie nur in schlechten Republiken sich findet. Die Welt selbst ist aber unendlich, weil eine unendliche Ursache keine endliche Wirkung haben kann. Aus der Unendlichkeit der Welt folgert Bruno wie Nicolaus von Cusa, dass sie überall keinen Mittelpunkt hat, weder in der Erde noch in der Sonne. Ihr Centrum ist überall, ihre Circumferenz nirgends. Er bestreitet daher auch das Weltsystem des Aristoteles und verspottet seine Annahme der vollkommenen Kugelgestalt und der vollkommenen Kreisbewegung der Welt, denn in der Natur giebt es keinen vollkommenen Kreis und keine vollkommene Kugel. Auch verwirft er den aristotelischen Gegensatz der siderischen und sublunarischen Region in der Welt, denn die Sterne seien theils unserer Sonne theils unserer Erde ähnliche Körper. Kein Körper ist nach ihm schlechthin schwer oder leicht, was Aristoteles annahm. Bruno vertheidigt die Lehre des Copernicus, jedoch mit den speculativen Gründen des Nicolaus von Cusa aus der Unendlichkeit der Welt. Das Eigenthümliche seiner physischen Weltansicht tritt am meisten hervor in seiner Atomen- und Monadenlehre, worin er zuerst eine neue Bahn wieder betreten hat. In der Natur muss es ein absolut Kleinstes (minimum) geben, welches das Letzte der Auflösung und das Erste des Ursprunges und des Anfanges ist. Ohne ein Letztes der Theilung könne es auch kein Erstes des Anfanges geben. Nichts erscheint ihm daher auch ungereimter als die Annahme einer Theilung ins Unendliche. Auch hierin stellt er sich der Lehre des Aristoteles entgegen und beruft sich auf die alten Atomisten, in deren Lehren Wahrheit sei. Jedes Kleinste ist ein Untheilbares und heisst Atom, das keine Theile mehr hat. Die Atomen betrachtet er aber nicht blos als untheilbare Körper, sondern auch als unvergängliche Kräfte, welche in sich untheilbar sind, aber mannigfaltige Erscheinungen hervorbringen. Auch die Seele und die Weltkörper nennt er Monaden oder Atome. *Monas est enim individua rei substantia.* Diese Auffassungsweise entspringt aus seiner Ansicht über die Verbindung von Materie und Kraft in der Natur; denn daraus folgt, dass alle Materie belebt und beseelt ist. Die Atome sind geistige Kräfte, welche zugleich als Körper sich darstellen. Die Monade ist ein untheilbarer Punkt, der, weil er im Raume eine bestimmte Stelle einnimmt, auch körperlich sich ausdehnt. Dass nun aber die Erfahrung uns nicht überall, wo wir Körper finden, auch Leben und Beseelung zeigt, obgleich in den kleinsten Bestandtheilen beides unzertrennlich verbunden sein soll, erklärt Bruno aus den äusseren Bedingungen, wovon das Hervortreten des wirklichen Lebens abhängt. Wo diese fehlen, erscheint uns die Materie als todt. Durch die äusseren Umstände wird der Lebensprocess in ihr zurückgehalten und gehemmt. Wenn solche Bedingungen aber gegeben sind, so wird eine Monade zum herrschender Centrum über viele andere, welche sie ihrem Dienste unterwirft und zu ihren Werkzeugen macht. Die Centralmonade ist die Seele des Ganzen, die übrigen der Leib. Die Geburt sei nur die Expansion des Centrums, das Leben die Consistenz der Sphäre, der Tod

die Contraction ins Centrum. Wenn ein Atom oder eine Monade zu leben beginnt, dehnt es seine Herrschaft über seine Umgebung aus; wenn es stirbt, verliert es die Ausdehnung seiner Herrschaft. Der Wechsel von Tod und Leben zeigt nur den Wechsel in der Herrschaft und Dienstbarkeit der Monaden. Keine soll immer herrschen und herrscht unbedingt, alle sollen durch alle Stufen und Formen des Lebens hindurchgehen, denn die Schöpfung Gottes ist unendlich, ohne Anfang und ohne Ende. Drei Gedanken hat Bruno also für die physische Weltansicht geltend gemacht: die Begründung der Materie in Gott, die Unendlichkeit der Welt und dass es in dem absolut Kleinsten ein Letztes der Theilung und ein Erstes des Ursprunges gebe.

§. 77. Theophrastus Paracelsus (1493—1541).

Viel stärker als das philosophische Element waren in dem Zeitalter der Reformation die Bewegungen, welche vom Volke ausgingen. Dahin gehört auch Paracelsus [1], der ohne tiefere wissenschaftliche Bildung ist, alle Gelehrsamkeit verachtet und doch als Reformator der Medicin und der Naturwissenschaften auftritt. Der Mensch und der Teufel, lehrt er, erfinden nichts, Gott offenbart uns Alles durch das Licht der Natur. Das Eigenthümliche und Bedeutende seiner Lehre tritt in der Alchemie hervor, die er die dritte Säule der Medicin nennt. Die erste sei die Philosophie, die zweite die Astronomie, die dritte die Alchemie und die vierte die Theologie. Er hat zuerst die chemische Betrachtungsweise unbeschränkt zur Weltansicht ausgebildet. Alle Vorgänge in der Natur sind ein chemischer Process, den der Mensch zu Ende führen müsse, da die Natur nichts Vollendetes zu Tage bringt. Die Vollendung der Natur heisst die Alchemie. Wer etwas dahin bringt, wohin es zum Nutzen der Menschen verordnet ist, ist ein Alchemist. Alle Handwerker vollenden die Natur und bringen sie zur Reife. Wenn dies geschehen soll, muss sich an die Theorie die Praxis, an die Scienz die Erfahrung anschliessen. Ohne Praxis und Erfahrenheit wird die Wissenschaft nicht gewonnen. Paracelsus weist damit auch auf die Nothwendigkeit des Experiments hin, wodurch das verborgene Innere der Natur aus Licht gezogen werde. Die Alchemie offenbart die Tugend aller Dinge. Die Kunst der Alchemie ist auch in allen Dingen vorhanden. In uns ist der Alchemist der Magen, der die Nahrung verdaut, das Schädliche absondert und das Heilsame dem Leibe aneignet. Ein jedes Ding muss durch Verdauung in seine Wirkung gebracht werden, um seine Natur zu eröffnen. Nicht blos alle natürlichen Vorgänge, sondern auch das sittliche Leben subsumirt Paracelsus unter dem Begriffe des chemischen Processes. Auch das letzte Gericht ist ein chemischer Process der Scheidung des Guten von dem Bösen. Alle elementarischen Dinge gehen wieder in die *prima materia elementorum* über, woraus sie entstanden, und werden in Ewigkeit gequälet und nicht verzehrt; wogegen alle sacramentarische Creatur in die *prima materia sacramentorum*, d. i. in Gott übergeht, wo sie erleuchet, clarificirt werden und in Freude und Seeligkeit sind. Die Geburt und Wiedergeburt aller Dinge wird durch die

[1] Rixner u. Siber l. l. Heft I. — H. Ritter l. l. Thl. 9, S. 546 u. f.

Fäulniss vollbracht, welche die Mitte aller chemischen Processe ist. Alle Dinge müssen ihrer Hüllen erledigt werden wie das Samenkorn durch Fäulniss geschieden wird von der Masse des Körperlichen, welche seine keimende Kraft umhüllt. An die Stelle der aristotelischen Elemente, welche nur Formen der Körperlichkeit sind, setzt er die drei Elemente: Quecksilber, Schwefel und Salz, die jedoch als allgemeine Begriffe genommen werden. Alles, was raucht und verraucht, ist Mercurius, was brennt und verbrennt, ist Sulphur, was als Asche zurückbleibt, ist Sal. Das Salz ist der Grund der Consistenz der Körper, der Schwefel des Wachsthums und des Verbrennens, das Quecksilber der Flüssigkeit und des Verrauchens. Eine solche Dreiheit der Elemente ist in allen Dingen, denn alle Dinge haben in dem dreieinigen Gott ihr Vorbild. Aus dem Makrokosmus muss die kleine Welt der Menschen erkannt und studirt werden, sie gleichen einander und gehören zusammen wie ein Ehepaar. Indem PARACELSUS schlechthin Alles auf einen chemischen Process zurückführt und die chemische Betrachtungsweise zur ausschliesslichen Weltanschauung erhebt, hat er bei aller Einseitigkeit, die daraus hervorgeht, doch dadurch bleibend und für alle Zeiten die Forschung der Wissenschaft auf die chemischen Naturerscheinungen gelenkt. Wohl hat er diese Betrachtungsweise extrem und phantastisch ausgeführt und zugleich mit theosophischen und platonischen Ideen verbunden, aber die Geschichte schreitet nur durch die Extreme fort.

§. 78. JOHANNES BAPTISTA VON HELMONT (1578—1644).

Die Erkenntniss der Natur kann nur von dem hergenommen werden, was wirklich und in der That ist, nicht aber als ein Gedachtes nur für die Betrachtung besteht [1]. Die Logik des ARISTOTELES ist bei den Untersuchungen der Natur von gar keinem Nutzen, denn die Natur hasst die Schul-Dispute und duldet sie nicht. Die Grundlage der Physik ist die Erfahrung, woraus wir alle Erkenntnisse gewinnen. Um die Natur zu erforschen, ist die Arbeit des Arztes und des Chemikers nothwendig. Vorzüglich dient dazu die Pyrotechnik, denn durch das Feuer werden alle Geheimnisse der körperlichen Dinge offenbar. Dadurch lernen wir die rechten Ursachen der Veränderungen und die wesentlichen und eigenthümlichen Eigenschaften der Dinge kennen. Mit der empirischen und experimentellen Naturforschung verbindet HELMONT aber die Mystik. Alle Wissenschaft und Weisheit ist ein Geschenk Gottes, der unsere Seele, die *tabula rasa et inanis* ist, erleuchtet. Er ist unser einziger Lehrmeister. Die Naturforschung soll aber doch von der Theologie getrennt werden, die zur Erforschung der Welt keine Vollmacht hat. Aus der heiligen Schrift, welcher HELMONT aber doch oft folgt, gewinnen wir keine Naturerkenntniss. Ebenso scheidet HELMONT die Natur von Gott, der sittlichen Welt und der Kunst. Das Geschöpf Gottes ist kein Theil von Gott und kann selber nichts schaffen. Alle Natur ist gut und dem Gesetze gehorsam, Feindschaft, Streit und Sünde stammen nur aus dem freien Willen des Menschen, wenn er von Gott abfällt. Auch der Kunst wird die Natur entgegengestellt. Die Kunst wirkt nur von

[1] RIXNER u. SIBER l. l. Heft VII. — H. RITTER l. l. Thl. 10, S. 142 u. f.

Aussen, die Natur aber von Innen, womit sich das Bestreben verbindet, die mechanischen Wirkungen von der Natur auszuschliessen. Helmont's Naturansicht steht hierin im Gegensatz mit der des Aristoteles, der nicht von dem Gegensatz, sondern von der Analogie zwischen Kunst und Natur ausgeht und Alles von Aussen beginnen lässt, weshalb er auch sagt, dass Aristoteles die Werke der Natur gar nicht gekannt habe. Jeder nicht unmittelbar erschaffene, sondern natürlich erzeugte Körper, so einfach er auch sein mag, ist von zwei inneren Ursachen abhängig, der Materie und der wirkenden Kraft, welche beide dem Körper innerlich sein sollen. Dazu gesellet sich meistens noch eine äussere, gelegentlich anregende Ursache, die nur mitwirkend sei. Alles soll in der Natur aus den inneren Ursachen, aus lebendigem Samen entstehen, der überall verbreitet ist. Das wirkende Lebensprincip, die *causa seminalis*, wirkt nach Vorstellungen, die ihr von Gott verliehen sind, ihr innewohnen. Ein der Natur äusserer Gedanke kann in ihr nichts wirken. Jede natürliche Kraft soll selbst ihre Materie, ihren Körper bilden und erzeugen. Die Materie ist die Substanz des erzeugten Dinges selbst, welche ihren eigenen Samen in sich hat und während des Verlaufes eines Lebens alle dessen Formen bis ans Ende durchläuft, so dass es gar keine unbestimmte allgemeine erste Materie giebt. Jede Materie ist individualisirt wie die innere sie belebende Kraft. Was man ein todtes Element nennt, sind nur Producte der Kunst oder der Natur. Er verwirft ebenso die vier Elemente des Aristoteles wie die drei des Paracelsus, die erst in der Zerstörung der Körper durch das Feuer entstehen. Das Feuer ist gar keine Materie, sondern nur der Tod und die Zerstörung aller Dinge. Als materielles Element aller Dinge, worin zugleich ihre wirkenden Kräfte enthalten sind, sieht er das Wasser an. Die Samenbildung geht daraus ursprünglich durch Elemente hervor, die durch die ganze Natur vertheilt sind. Das Ferment oder Gährungsprincip erregt den Samen, woraus sich Alles bildet, durch materielle Berührung. Alle natürlichen Körper, so hart und dicht sie auch sein mögen, schliessen ausserdem noch in sich einen innerlichen Bildner und Werkmeister, einen Geist, den Archäus, der nach dem Bild des zu Erzeugenden Alles hervorbringt, die Fruchtbarkeit der Geburten und Samen bewirkt. In den Pflanzen erscheint er in der Gestalt eines zusammengesetzten Saftes, in den Metallen aber gar nur als dichte zusammengeballte Homogeneität der Masse. Diese Principien sollen in der ganzen Natur verbreitet sein, Alles in individueller Weise, übereinstimmend jedoch mit dem Plane des Ganzen bewirken. Der reine Vitalismus, wohin diese Naturansicht entschieden intendirt, will Alles aus dem Innern der Kräfte und der Materien hervorgehen lassen, wobei das Aeussere nur mitwirkende Gelegenheitsursache ist. Helmont streitet daher auch gegen jede Erklärung des Lebens aus äusseren Einflüssen der Gestirne auf das Leben. Die Gestirne geben nur Zeichen und Zeiten an. Auch das Feuer besitzt keine erzeugende und belebende Kraft, denn es zerstört nur. Ebenso ist die Wärme nicht die Ursache, sondern die Wirkung des Lebens. Die Wärme ist kein Werkzeug der Natur, sondern nur ein in den warmen Dingen zufällig mit befindliches Neben- und Beiwerk. Sie belebt nicht effective, sondern bereitet nur dazu vor. Verdauung und Ernährung werden nicht durch die eingeborne Wärme,

sondern durch verschiedene Fermente bewirkt. Die innere Kraft jedes Körpers ist nur ein centraler Punkt ohne Ausdehnung. Die räumliche Ausdehnung des Körpers soll daraus hervorgehen, dass mehrere solcher Punkte zu einem Ganzen sich vereinigen, indem eine herrschende Monade oder ein herrschender Archäus andere Punkte anzieht und um sich sammelt. Diesen Process der Körperbildung findet er durch die Beobachtung an den wunderbaren Vorgängen der Gährung bestätigt, worin ein Ferment über viele Elemente seine Herrschaft verbreitet. In der Bildung des Organismus findet dasselbe statt. Der Same ist schon ein Körper, worin eine innere Kraft herrscht, die noch mehrere Elemente anzieht, ordnet und um sich sammelt. Jedem Organe des Lebens soll ein besonderer Archäus vorstehen, die jedoch in dem gesunden Leben einem herrschenden Archäus untergeordnet sind und nur in der Krankheit seiner Herrschaft sich entziehen. Die Lebensgeister der Natur sind indess immer an ein stoffliches Princip gebunden, worin sie wirksam sind.

§. 79. Bernardinus Telesius (1508 oder 1509—1588).

Von ihm geht der erste Versuch aus, die philosophische Physik als eine selbständige Wissenschaft, gegründet auf der Erfahrung, unabhängig von den Lehren der Alten, der Metaphysik und der Theologie auszubilden [1]. Er will nur der Natur und den Sinnen folgen. Er ist ein Vorläufer des späteren Sensualismus. Alle Körper sind im Raume ausgedehnt und berühren einander durchgängig, denn es giebt nichts Leeres zwischen ihnen, da wir ein Leeres nicht empfinden können. In ihrer Berührung unter einander empfinden sie die Einwirkung, welche sie erleiden. Alle Materie besitzt daher Empfindung. Auch wohnt ihr ein Trieb ein, sich selbst zu erhalten; die Materie kann weder vermehrt noch vermindert werden. Keine kann die andere vernichten, da jede auf ihren Raum beschränkt bleibt und keine in die andere eindringen kann. Da die Materie sich selbst erhält und ein Körper in der Berührung auf den anderen wirkt, so erweist sie sich zugleich als Kraft. Keine Materie ist ohne Kraft, aber in der Natur giebt es auch keine Kräfte ohne Materie, worin sie wirken. Die Kräfte der Materie, da sie an der körperlichen Ausdehnung haften, wirken jedoch nur an der Oberfläche, in ihrem Innern bleibt alle Materie sich gleich. Da die Materie aber doch wesentlich träge ist, was sie auf ihre Selbsterhaltung beschränkt, so meint Telesius, dass der Wechsel der Erscheinungen in der Natur sich nur aus zwei Kräften erklären lasse, die ohne körperliche Masse emaniren. Diese sind die Wärme und die Kälte. Beide stehen in einem beständigen Kampf mit einander. Die Wärme dehnt alle Körper aus, die Kälte zieht sie zusammen. Aus den verschiedenen Graden der Zusammenziehung und der Ausdehnung sollen alle materielle Verschiedenheiten sich erklären lassen. Beide Kräfte wirken aber von einem verschiedenen Orte aus, die Kälte von der Erde, die Wärme von der Sonne aus, wodurch verhindert werden soll, dass sie sich völlig ausgleichen und in eins zusammenfallen, womit der Wechsel der Erscheinungen aufhören würde. In die Tiefe der Wärme kann die Kälte und in die Tiefe der Kälte die Wärme nicht ein-

---

[1] Rixner u. Siber l. l. Heft III. H. Ritter l. l. Thl. 9, S. 561 u. f.

dringen. Nur an ihren Grenzen vermischen sie sich mit einander und bewirken dadurch den Wechsel der Erscheinungen. Dadurch, dass beide Kräfte einen verschiedenen Ort haben, von dem aus sie wirken, und dass keine ganz in die andere eindringen kann, wird es auch bewirkt, dass jede sich selbst erhält. Indem nun aber die Materie weder vermehrt noch vermindert werden kann und die beiden Kräfte der Wärme und der Kälte, durch deren Entgegenwirken der Wechsel der Naturerscheinungen unterhalten wird, sich selbst erhalten, so ist die Natur von Gott so erschaffen und eingerichtet, dass sie für sich fortdauert und einer neu eingreifenden Mitwirkung nicht bedarf. Die Physik soll aber nur den gegenwärtigen Bestand der Natur erforschen, nicht aber ihren Ursprung. Telesius trennt sie daher von der Metaphysik und der Theologie. Die Geheimnisse Gottes will er nicht erforschen und nicht sprechen, als wäre er bei der Schöpfung zugegen gewesen. Die Erfahrung, der er folgen will, kann nicht auf den Ursprung der Dinge zurückgehen. Er nimmt wohl einen Werkmeister der Natur an, und verwirft die aristotelische Lehre von der Ewigkeit der Welt, anerkennt im Menschen auch eine unsterbliche Seele, da sein Streben über die blosse Selbsterhaltung und die sinnliche Lust hinausgeht; aber diesen metaphysischen und theologischen Voraussetzungen räumt er keinen Einfluss ein auf die Bearbeitung der Physik, wodurch er zugleich viele Vorurtheile und abergläubische Meinungen seiner Zeitgenossen beseitigt.

§. 80. Thomas Campanella (1568—1639).

An Telesius schliesst sich Campanella [1] an, da auch er von den Dingen selbst und nicht blos aus den Meinungen der Menschen lernen wollte. Alle unsere Erkenntniss beruht auf der Erfahrung, die Erfahrung aber auf den Sinnen, *sentire est scire, sensum solum sapere.* Die Sinne führen zur Unterscheidung von drei Grundeigenschaften (*primalitates*) der Dinge, die ihr Wesen constituiren: das Können oder die Kraft, die Erkenntniss oder das Wissen, der Wille oder die Liebe. Ihre Objecte sind das Sein, die Wahrheit und die Güte. In allen Dingen ist nicht nur eine Kraft, zu sein und zu wirken, sondern auch Empfindung und Trieb. Jedes Ding hat einen Trieb der Selbsterhaltung, ohne den nichts beharren, sondern sich Alles auflösen würde. Ohne Sinn und Empfindung aber giebt es kein Selbsterhaltungsstreben in den Dingen. Wenn die Elemente ohne Empfindung wären, könnte aus ihnen das empfindende Thier nicht zusammengesetzt sein. Aber in ihren Grundeigenschaften sind auch alle Dinge zugleich beschränkt, da sie nicht Alles sind, wissen und wollen. Deshalb sollen alle Dinge in der Welt zusammengesetzt sein aus dem Sein und dem Nichtsein, was wir freilich nicht begreifen können, wie es geschieht, aber doch durch die Thatsache des Werdens bezeugt wird, welches stets ein Sein und Nichtsein in sich schliesst. Nur in Gott ist kein Nichtsein, er ist unendlich und der Grund und Schöpfer der Dinge. Nur aus der Fülle des Seins ist Emanation und Schöpfung möglich. Für die Erklärung der Natur müssen aber ausser den Primalitäten noch physische Kräfte angenommen werden. Die phy-

[1] Rixner u. Siber l. l. Heft VI. H. Ritter l. l. Thl. 10, S. 3 u. f.

sische Kraft ist eine äussere Wirksamkeit des einen Dinges auf das andere, während die metaphysischen Thätigkeiten nur auf das Ding selbst gehen, dem sie zukommen. Die erste Substanz der erschaffenen Dinge ist der unbewegliche und unkörperliche Raum, worin alle Körper sind und sich bewegen. Die zweite Substanz ist die Materie als Basis aller Gestalten, und als leidendes Werkzeug der Zusammensetzung aller Dinge, für sich träge und unsichtbar und daher schwarz, weil sie nicht durch sich, sondern durch das Licht sichtbar ist. Der körperlichen Masse sind zwei unkörperliche physische Kräfte angeboren, die jedoch nur in einem Körper bestehen können, die Wärme oder das Licht und die Kälte. Beide Kräfte wirken nicht metaphysisch, sondern physisch, nicht auf sich, sondern auf anderes. Licht und Wärme sind dasselbe, sie sind nur nach den Sinnen verschieden, welche sie percipiren. Beide Kräfte durchdringen alle Körper, gestalten und verändern sie, stehen aber im Streit und Gegensatze mit einander. Campanella erklärt daraus, wie Telesius, das ganze physische Weltsystem, dem er hierin folgt. Nur in einem Punkte polemisirt er gegen Telesius, weil er nicht auf den Ursprung und den Zweck der physischen Kräfte weiter eingegangen sei und daher nicht erkläre, warum die Kälte und die Wärme von sich verschiedene Wirkungen hervorbringen, nämlich im Einzelnen lebendige Wesen, im Ganzen aber Ordnung und Harmonie der Welt. Das könne nur daraus erklärt werden, dass diese Kräfte selbst nur Werkzeuge seien, um die Ideen Gottes auszuführen. Campanella unterscheidet wohl Physik und Metaphysik, physische und metaphysische Thatigkeit, führt aber die Physik wieder auf die Metaphysik zurück, wodurch er sich von Telesius unterscheidet, der innerhalb der Physik verbleibt.

§. 81. Peter Gassendi (1592—1655).

Von den drei Theilen der Philosophie, der Logik, Ethik und Physik, welche Gassendi [1] wieder nach dem Vorgange der Alten unterscheidet, hat er sich vorzüglich mit der Ausbildung des letzteren Theiles beschäftigt. Er verbindet die Atomenlehre Epikur's mit der Annahme eines thätigen Gottes. Seine Physik ist aus verschiedenen Motiven hervorgegangen, wovon das eine ihn bestimmt, die Atomistik der Alten zu erneuern, und das andere ihn dahin führt, daneben einen schöpferischen Gott anzunehmen. In der Verbindung der einen Annahme mit der anderen liegt das Eigenthümliche seiner Ansicht. Diese Verbindung hat ihm Anhänger und Verehrer zugeführt, da er die Consequenzen der Atomistik, welche wider die Moral und Religion verstossen, durch seine Annahme eines schöpferischen Gottes zu entfernen weiss. Ausser den existirenden Dingen und ihren Eigenschaften meint Gassendi noch annehmen zu müssen den Ort, worin sie sind, und die Zeit, worin sie dauern. Der Ort ist der unkörperliche unendliche Raum, der mit der Aufhebung der körperlichen Substanzen nicht vernichtet wird, vor der Erschaffung der Welt existirte und auch bleibt, wenn sie vergeht. Von dem unendlichen Raume nimmt die Welt einen

[1] Syntagma philosophiae Epicuri cum refutationibus dogmatum, quae contra fidem christianam ab eo asserta sunt. Pars II. — H. Ritter l. l. Thl. 10, S. 543 u. f. — J. Schaller Geschichte der Naturphilosophie. Thl. 1. S. 113. — W. Tennemann Geschichte der Philosophie. B. 10, S. 98.

Theil ein. Er selbst ist unbeweglich und bleibt, wenn die Körper sich darin bewegen. Sie nehmen ihn ein und gehen durch ihn hindurch. Einen leeren Raum muss es geben, weil sonst Gott die Welt nicht würde vergrössern können, und weil ohne leere Zwischenräume die Bewegung der Körper, ihre Verdichtung und Verdünnung sich nicht erklären lässt. Auch in grösserer Quantität angehäuft findet er sich zwischen den Dingen, was aus der Torricelli'schen Leere gefolgert wird. Wie der Raum existirt auch die unkörperliche Zeit an sich als fliessende Ausdehnung. Vor dem Dinge war die Zeit und floss wie jetzt, und dauert auch nach ihrer Vernichtung. Raum und Zeit nehmen ein die materiellen undurchdringlichen Principien oder die Atome. Die Mannigfaltigkeit der körperlichen Erscheinungen lässt sich nicht aus einer ersten Materie oder aus der Annahme von zwei, drei oder vier Elementen erklären, sondern nur aus einer Mehrheit von Atomen. Die Atome sind, weil sie als Körper eine Grösse der Ausdehnung, wenn auch von unsichtbarer Kleinheit, haben, nicht mathematisch, wohl aber physisch untheilbar, weil sie absolut hart und ohne leere Zwischenräume sind. Die Atome sind deshalb mehr als blosse mathematische Punkte ohne Materie. Die Atome, welche alle von derselben Substanz oder Materie sind, unterscheiden sich von einander nur durch ihre Grösse, Gestalt und Schwere. Ihre Annahme vertheidigt Gassendi mit denselben Gründen wie die alten Atomisten. Auch in der Erklärung der Erscheinungen aus den Atomen findet sich bei Gassendi wenig Abweichendes. Eine Zeit lang hat Gassendi versucht, auch die Anziehung auf den Stoss zurückzuführen, welche die Luft dem fallenden Körper ertheilen sollte. Später hat er diese Erklärung wieder aufgegeben. Er bestreitet aber die Wirkung in die Ferne. In der Anziehung will er, dass etwas von der Erde auf den fallenden Körper übergeht, das ihn zum Fallen bringt, wie ein Knabe nach einem Apfel nur deshalb greift, weil er ihn sieht. Die Erde zieht an, wie der Magnet das Eisen anzieht. Sie ist ein grosser Magnet und der Magnet eine kleine Erde. Wenn man ein Reis pflanzt und sieht, dass es Wurzeln, Zweige, Blätter, Früchte treibt wie der Oelbaum, so werde man nicht anstehen, dasselbe als ausgeschnitten aus dem Oelbaum anzusehen. Ebenso sei der Magnet aus der Substanz der Erde genommen und zeige daher, wie sie, Pole, Axe, Aequator, Parallelkreise, Meridiane an und suche sich mit der Erde in Uebereinstimmung zu bringen. Die Ableitung der sinnlichen Beschaffenheiten der Körper aus der Ordnung und Lagerung der Atome sei ebenso leicht möglich, wie man aus wenig Buchstaben viele Wörter und Sätze bilden könne. Wie derselbe Buchstabe A den verschiedenen Sinnen verschieden erscheine, so thun es auch die verschieden gestalteten Atome. Wie die blosse verschiedene Ordnung derselben Buchstaben *et* und *te*, *mus* und *sum* verschiedene Wörter bilden, ebenso machen verschiedene Transpositionen derselben Atome auf die Sinne und auf einander einen verschiedenen Eindruck. Vermehrt werde dies noch bei den Atomen durch die leeren Räume zwischen ihnen. In diesen Punkten glaubt Gassendi überall Epikur folgen zu müssen. Nur in der Annahme, dass die Atome ewig und unerschaffen seien, fehlte nach ihm Epikur. Statt dessen nimmt Gassendi an, dass die Atome von Gott im Anfange erschaffen seien. Auch die Kraft der Bewegung haben sie nicht durch

sich selbst, sondern von Gott empfangen. Ebenso hat er ihre Menge, ihre Grösse und Figur, wie auch ihre Verbindung zu den Samen der lebendigen Wesen bestimmt. Die Ordnung, Harmonie und Zweckmässigkeit in der Welt setzt nothwendig ein ordnendes und vernünftiges Wesen voraus, ohne das die Atome nie ein harmonisches Ganze aus sich bilden würden. Diess lässt sich nicht als Wirkung des Ungefährs, aus den zufälligen Bewegungen und Aggregationen der Atome begreifen. Gassendi nimmt also für die Naturerklärung ausser den Atomen eine harmonische Verbindung derselben zu einem Ganzen an. Die Welt ist selbst ein durch Gott geordnetes Ganze in sich. Davon giebt er eine andere Erklärung als Epikur, der dies der zufälligen Abweichung der Atome von der geraden Falllinie allein überlässt. Die sichtbare Welt geht nach Gassendi erst aus der ursprünglichen Anordnung der Atome hervor. Diese bildet die Grundlage für die Reihe der Veränderungen in der sichtbaren Welt. Ausserdem nimmt nun aber Gassendi zur Erklärung der Körperwelt noch eine secundäre Ursache an: die Lebenswärme oder die Weltseele. Sie ist das Princip der Bewegung und des Lebens in den materiellen Dingen, wovon in jedem Dinge etwas als Seele und Lebensprincip enthalten ist. Sie ist eine andere Ursache als Gott, der als unkörperlich die ganze Welt durchdringt und nicht getheilt sein kann in der besonderen Seele, den einzelnen Theilen und Dingen. Die Lebenswärme ist aber selbst körperlich, eine feine Materie und kann daher auch getheilt in den Dingen sein. Ein unkörperliches Princip kann auch die Körper nicht bewegen. Eine solche *secunda causa* muss es neben der *prima causa*, neben Gott geben, weil die Bewegung der Körper durcheinander etwas voraussetzt, das sich selbst bewegt. In der Lebenswärme liegt die Kraft der Selbstbewegung, welche die Atome von Gott haben. Eine solche körperliche Seele ist auch im Menschen, sofern er ein vegetirendes und empfindendes Wesen ist. Die vernünftige Seele des Menschen aber ist unkörperlich, was Gassendi aus den Beobachtungen folgert, dass der Mensch Gedanken habe von Gegenständen, wovon es kein Phantasiebild giebt, wie von der Grösse der Erde, von dem Unendlichen; dass er sein Erkennen erkennt, welches über alle körperliche Fähigkeit hinausgehe, dann *nullum corpus agit in se ipsum*; dass er allgemeine Begriffe und Principien des Allgemeinen durch Abstraction denkt, was körperlich nicht gegeben ist. Die Unkörperlichkeit des vernünftigen Geistes folgt auch daraus, dass er aller Erkenntniss fähig, durch kein Object eingeschränkt ist, da er begreift, was ihm jetzt verborgen ist, wenn es ihm offenbart wird. Der vernünftige Geist ist allen möglichen Formen zugänglich, indess der Körper stets nur eine Form hat. Mit dem Körper steht die vernünftige Seele durch die empfindende in Verbindung, da die Vernunft zur Erkenntniss der Sinnengegenstände sich der Phantasiebilder bedient. Beide sind in dem Theile des Körpers mit einander verbunden, in welchem die Phantasie ist, d. i. im Gehirne, dem Mittelpunkt aller Nerven, wo sich alle Empfindungen vereinigen und das Erkennen und das Schliessen stattfindet. Durch Gassendi ist die Atomenlehre in der neueren Zeit zuerst wieder vollständig erneuert, zugleich aber auch mit einem ganz anderen Gedankenkreise verbunden worden.

§. 82. René Descartes (1596—1650).

Die neuere Philosophie vor Kant erstrebt die Ausbildung der Naturphilosophie im Gegensatz zur speculativen Theologie des Mittelalters, wo die Physik vor allem vernachlässigt worden war. Die Naturerklärung, die sie aufstellte, ist das Neue, das sie leistete. Gefunden hat sie zuerst Descartes, weshalb man auch insofern mit Recht ihn den Urheber der neueren Philosophie nennt. Allein auch seine Vorgänger sind auf dem Wege zu ihm hin begriffen. Sie haben es insgesammt auf die Verbesserung und Ausbildung der philosophischen Physik abgesehen. Die Natur ist das neue Object, das ihre Gedanken und Kräfte in Anspruch nimmt, viel weniger beschäftigt sie die sittliche und transcendentale Welt. Durch das Experiment und die Pyrotechnik wollen die theosophischen Chemiker die Natur erforscht wissen, um ihre Lebensgeister in dem Stoffwechsel zu erkennen. Telesius und Campanella setzen die sinnliche Erfahrung als den Ausgangspunkt und die Grundlage der Physik, die als eine selbständige unabhängige Wissenschaft cultivirt werden soll. Patritius hebt den Gegensatz von Geist und Körper hervor, den auch Cartesius statuirt, um darauf seine Naturansicht zu gründen. Gassendi renovirt und verbessert die Atomistik der Alten, und Jordano Bruno, der den von Nicolaus von Cusa zuerst eröffneten Weg fortsetzt, macht für die Naturforschung den Gedanken des absoluten Minimums gelten als Letztes der Auflösung und Erstes des Anfanges. Seine Atome sind jedoch zugleich Monaden, denn die materielle Welt steht nicht ausserhalb der göttlichen Wahrheit, sondern ist unzertrennlich mit der geistigen verbunden. Die Vorgänger des Cartesius gehen aber sehr verschiedene Wege in der Grundlegung der Physik, wovon keiner zu einer grösseren und ausschliesslicheren Herrschaft gelangt. Dazu bringt es erst Descartes, der eine grosse, weit verbreitete Schule gründet, indem er die mathematische und mechanische Naturerklärung aufstellte. Die Nothwendigkeit der Erforschung der Natur durch die Mathematik und ihrer mechanischen Erklärung hat er zuerst philosophisch festgestellt. Dem gegenüber erscheinen die Versuche seiner Vorgänger als noch nicht gelungene Experimente. Andererseits aber weisen ihre Gedanken selbst über ihn hinaus auf eine fernere Zukunft. Diese Gedanken hatten aber noch nicht die Kraft erlangt, sich durchzusetzen, und wurden, indem Cartesius' Ideen sich immer mehr ausbreiteten, zurückgedrängt, um erst in späterer Zeit wieder hervorgezogen zu werden. Es gilt das nicht blos von der Atomen- und Monadenlehre Gassendi's und Bruno's, sondern auch von der chemischen Richtung, welche Paracelsus und von Helmont repräsentiren, wie selbst von Telesius und Campanella, welche die sinnliche Erfahrung auch in ihrem besonderen Inhalte nicht wie Cartesius für einen blossen Sinnenschein hielten.

Nach Descartes[1] besteht das Wesen des Körpers in der Ausdehnung nach den drei Dimensionen der Länge, Breite und Dicke. Die Ausdehnung ist sein wesentliches und nothwendiges Attribut, ohne das er überall nicht gedacht werden kann. Durch diese Erklärung beseitigt Cartesius den

[1] Principia philosophiae. Pars II—IV. — H. Ritter l. l. Thl. 11, S. 5 u. f. — J. Schaller l. l. S. 214 u. f.

unbestimmten Begriff des ARISTOTELES von der eigenschaftlosen Materie, womit sich in den Wissenschaften nichts anfangen lässt. Denn der aristotelische Begriff von der Materie beruht auf einer Abstraction, die sich in Nichts verläuft. Die Materie ist das Sein, welches gar nichts ist, da ihre Potenz, etwas zu werden, ebenso gut als eine Impotenz, etwas zu werden, angesehen werden kann. Der Begriff der Potenz ist bei ARISTOTELES ebenso unbestimmt und unfassbar wie der der Materie. Im Grunde stellt die Potenz nur das Nichts als die Eigenschaft des Seins vor, was die Materie sein soll. Dafür substituirte DESCARTES seinen Begriff, wonach die Ausdehnung das nothwendige Attribut der körperlichen Substanz ist. Die sinnlichen Beschaffenheiten, wie Härte, Schwere, Farbe, machen nicht das Wesen der Körper aus nach DESCARTES. Denn sie können getrennt davon gedacht werden, ohne dass der Körper aufhört, eine ausgedehnte Substanz zu sein. Diese Eigenschaften drücken nicht aus, was der Körper an sich ist, sondern nur seine Relation zu den Sinnen. Wenn er aber nur als empfindbare Substanz definirt wird, so wird dadurch nur sein Verhältniss zu uns bestimmt, nicht aber, was er an sich ist. Die Ausdehnung aber kann von dem Körper nicht getrennt werden, ohne dass er aufhört ein Körper zu sein. Alle sinnlichen Vorstellungen von den Körpern sind ausserdem verworren und stellen daher nichts Objectives dar. Wir können gar nicht angeben, was wir darin denken. Klar und deutlich ist nur unser Begriff von der Ausdehnung der Körper. Die Ausdehnung macht daher auch objective ihr Wesen aus, denn was in dem klaren und deutlichen Begriffe von einem Gegenstande gedacht wird, kommt ihm objective zu. Unsere Ueberzeugung von der Existenz der Körper gründet sich nicht auf der sinnlichen Empfindung, sondern auf dem klaren und deutlichen Begriffe der ausgedehnten Substanz, dem wir trauen dürfen. Die Auffassung des CARTESIUS von der Körperwelt beruht wesentlich auf dieser Scheidung der blos sinnlichen subjectiven Eigenschaften der Körper von dem objectiven begrifflichen Wesen ihrer räumlichen Ausdehnung. Für den einseitigen Idealismus und Sensualismus ist der Körper nur eine empfindbare Sache und folgerichtig nichts Objectives, blos eine Relation, nach DESCARTES aber hat die Körperwelt eine objective Existenz, welche aus dem klaren und deutlichen Begriffe der räumlichen Ausdehnung geschlossen wird. Wenn man CARTESIUS einen Idealisten nennt, so verbindet man mit diesem Worte keinen Begriff. Freilich bezweifelt er die objective Realität der sinnlichen verworrenen Vorstellungen, nicht aber die objective Existenz der Körper, da wir von ihnen nicht blos verworrene, sondern auch klare und deutliche Begriffe besitzen. Der Consequenz seiner Auffassung von der Körperwelt ist CARTESIUS sich wohl bewusst. Der Raum ist nicht realiter, sondern nur in unseren Vorstellungen von der körperlichen Substanz verschieden. Der Unterschied besteht nur darin, dass wir bei den Körpern die Ausdehnung im Besonderen, beim Raum aber dieselbe Ausdehnung im Allgemeinen betrachten. Der Raum ist die allgemeine Einheit derselben Ausdehnung, welche die Körper im Besonderen sind. Daher bestreitet CARTESIUS auch den Begriff des leeren Raumes, weil es keine Ausdehnung ohne ausgedehnte Substanz giebt. Wenn Gott den körperlichen Inhalt eines Gefässes vernichtete, ohne einen anderen

hineinzulegen, so meint er, würden die Seiten des Gefässes sich berühren und zusammenfallen, da ein Abstand nicht existiren kann ohne eine ausgedehnte Substanz, wovon er nur ein Modus ist. Die Annahme von leeren Räumen verwirft er aber auch deshalb, weil eine Mittheilung der Bewegung von dem einen Körper zum anderen nur durch ihre stetige Berührung stattfinden könne. Bei leeren Zwischenräumen würde keine Mittheilung der Bewegung möglich sein. Aus seiner Auffassung vom Wesen des Körpers folgert Cartesius ferner, dass jeder Theil der Materie gleich viel Raum einnimmt. In einem Gefässe ist nicht mehr Materie enthalten, ob dasselbe mit Blei, Gold oder Luft erfüllt ist, denn die Quantität der Theile hängt nicht von ihrer Schwere und Härte, sondern nur von ihrer Ausdehnung ab, welche in demselben Raume nur dieselbe sein kann. Durch seine Raumerfüllung soll der Körper auch undurchdringlich sein. Auch Verdünnung und Verdichtung sind keine Veränderungen in der Ausdehnung des Körpers, da derselbe Körper nicht mehr oder weniger Ausdehnung haben kann, als er hat. Ein nasser Schwamm hat nicht mehr Ausdehnung als ein trockener. Das Mehr der Ausdehnung des nassen Schwamms gehört nicht ihm, sondern den Wassertheilen an, die in seinen Poren sind. Cartesius sucht alles an den Körpern Bemerkbare zurückzuführen auf mathematische und geometrische Begriffe, welche allein objective Gültigkeit in der Natur haben sollen. Alle Eigenschaften der Körper sind reducirbar auf die Theilbarkeit ihrer Ausdehnung und die Beweglichkeit ihrer Theile. Denn die verschiedenen Gestalten der Körper folgen aus der Verschiebung ihrer Theile, welche durch die Bewegung bewirkt wird, wovon allein wirkliche Veränderung und Theilung abhängt. Figur, Theilbarkeit und Bewegung existiren objective in der Natur und sind die Materie, die sinnlichen Erscheinungen der Körper aber sind davon nur eine Folge in unseren Sinnen. Sie entspringen aus Bewegungen auf unsere Sinne, welche (Bewegungen) mit den sinnlichen Eigenschaften, die wir den Körpern zuschreiben, nicht die geringste Aehnlichkeit haben. Die Theilbarkeit und damit die Veränderlichkeit der Gestalten der Körper liegt schon *eo ipso* in ihrer Ausdehnung. Dem Begriffe nach geht sie ins Unendliche und kann es keine materiellen Atome geben. Als materiell sind sie ausgedehnt und als ausgedehnt theilbar. Wenn es auch in der Natur keine Kräfte giebt, die Theilung ins Unendliche zu vollziehen, so liegt sie doch im Begriffe der Materie und muss daher der göttlichen Allmacht möglich sein. Im absoluten Sinne giebt es keine materiellen untheilbaren Theile. Die Körperwelt als Gesammtheit kann aber auch keine Grenzen der Ausdehnung haben, da die Ausdehnung über jede Grenze hinausgeht. Die Materie des Himmels ist auch keine andere als die der Erde und wenn es auch unendlich viele Welten gäbe, sie müssten doch alle aus derselben Materie bestehen, deren nothwendiges und wesentliches Attribut die Ausdehnung ist. Alle Körper und Körperwelt sind deshalb immer nur Eine Welt. Es giebt keine specifisch verschiedene Materie.

Wenn das Wesen des Körpers blos in der Ausdehnung besteht, so kann ihm keine Activität zugeschrieben werden, denn die Ausdehnung ist nur ein Zustand und keine Thätigkeit. Die Bewegung, sagt daher Descartes, ist keine Thätigkeit, sondern nur die Versetzung eines Körpers aus der Nähe der ihn

unmittelbar berührenden Körper, die als ruhend betrachtet werden, in die Nähe anderer Körper. Die Bewegung selbst ist nur ein Zustand des bewegten Körpers und nichts ausserdem, keine Thätigkeit und Kraft, da nicht mehr Kraft dazu gehört, einen Körper in Bewegung als in Ruhe zu versetzen. Da Cartesius nun aber keine leeren Räume statuirt, so kann die Bewegung nur so stattfinden, dass die Körper einander aus ihren Orten vertreiben, der letzte aber in demselben Moment den Ort einnimmt, in welchem derselbe verlassen wird, was im Ganzen zu einem Kreislauf des Ortwechsels führt. Jeder Körper bleibt stets in dem Zustande, worin er sich befindet, und wird nur durch äussere Ursachen verändert. Der eine Körper theilt dem anderen soviel Bewegung mit, als er selbst verliert, weshalb das Quantum der Bewegung im Ganzen sich gleich bleibt. Dies Quantum der Bewegung ist aber der Körperwelt von Anfang an bei ihrer Schöpfung von Gott mitgetheilt worden. Die Körperwelt ist daher im Ganzen und im Einzelnen eine Maschine, die, einmal gebauet und einmal in Bewegung gesetzt, sich von selbst erhält.

Diese Auffassung des Descartes von der Körperwelt beruht indess nicht blos auf seiner Erklärung vom Wesen des Körpers als ausgedehnter Substanz, sondern auch auf seinem doppelten Dualismus zwischen Gott und der Welt einerseits, und dem Körper und dem Geiste andererseits. Die Körperwelt als Maschine kann nur bestehen, wenn in sie weder der unendliche noch der endliche Geist eingreift. Sie setzt daher zuerst einen ausserweltlichen Gott voraus, der sie erschaffen hat und durch eine beständige Schöpfung auch erhält, aber sich auch keine Eingriffe in die Natur gestattet. Dass dies der Fall ist, leitet Cartesius aus dem unveränderlichen Wesen Gottes ab, woraus auch folgt, dass Gott in unveränderlicher und constanter Weise wirkt. Da Gott aber stets unveränderlich und constant wirkt, finden auch keine Eingriffe Gottes in die Natur statt. Die Körperwelt, von Gott erschaffen, eingerichtet, mit dem bestimmten Quantum der Bewegung versehen, besteht für sich fort blos durch Gottes Assistenz, welche jedoch nothwendig ist, da die Dinge zu ihrer Erhaltung seines Beistandes bedürfen. Wenn Cartesius auch nicht das Vorhandensein von Zwecken in der Natur leugnet, so haben doch auch sie keinen störenden Einfluss auf die Maschine der Körperwelt, weil sie ebenso unveränderlich sind wie Gott. Wir vermögen sie aber auch nicht zu erkennen.

Die rein mathematische und mechanische Erklärung der körperlichen Natur des Cartesius setzt auch den Dualismus von Geist und Körper voraus, den er zuerst mit Entschiedenheit hervorgehoben hat. Beide sind Substanzen mit specifisch verschiedenen Attributen, die auf einander nicht reducirbar sind, sondern nur aus sich begriffen werden können. Der Geist ist die denkende und untheilbare Substanz, der Körper die ausgedehnte, aber theilbare Substanz. Ausdehnung und Denken aber lassen sich nicht auf einander zurückführen. Der Körper kann nicht denken, weil er nicht auf sich selbst handelt und kein untheilbares Wesen ist. Der Geist und seine Gedanken haben keine Gestalten, welche auf der Theilbarkeit der Ausdehnung beruhen. Da Ausdehnung und Denken sich nicht auf einander reduciren lassen, setzen beide verschiedene Substanzen voraus, deren nothwendige Attribute sie sind, die nur aus sich

selbst verstanden werden können. Für sich ist das Attribut der Ausdehnung ein ebenso klarer und deutlicher Begriff, wie der des Denkens. Der Körper besteht für sich und auch der Geist, beide sind von einander getrennte Substanzen. Die lebendigen Wesen der Natur hält Cartesius blos für Körper, deren Maschine so eingerichtet ist, dass sie für sich bestehen. Sie sind Automaten, worin die Seele nur eine feinere Materie ist. Diese Auffassung beruht auf der Ausschliessung und Verneinung eines geistigen Principes als wirkend in der Körperwelt. Wäre ein geistiges Princip darin, würde eine neue Bewegung in die Körperwelt eindringen, welche die Maschine des Körpers stören würde. Der Mensch aber besteht doch aus Körper und Geist, und soll ein Wesen zusammengesetzt aus beiden Substanzen sein. Ihre Gemeinschaft und Wechselwirkung findet Cartesius vermittelt durch den besonderen Sitz der Seele in der Zirbeldrüse, welche ihr alle Gedanken zuführt und von ihr hin und her bewegt wird, ohne jedoch begreiflich zu machen, wie an diesem Punkte möglich sein soll, was sonst unmöglich ist, dass Geist und Körper ein Wesen bilden und auf einander wirken, sowie, dass daraus keine Störung in der Maschine des menschlichen Körpers entsteht und das Quantum in der Bewegung der Welt dasselbe bleibt. Statt diese Möglichkeiten aus seinen Annahmen zu erklären, beruft sich jedoch Cartesius nur auf undurchdringliche Geheimnisse, die uns ein weiteres Eingehen nicht gestatten. Die mathematische, mechanische Auffassung des Descartes von der Körperwelt ist also nur durchführbar unter der Voraussetzung des Dualismus der körperlichen und geistigen Substanz, die ausser einander bestehen, und des Dualismus von Welt und Gott, der sie durch beständige und unveränderliche Schöpfung erhält.

Bei der Erklärung des Einzelnen nimmt Cartesius die Erfahrung zur Hülfe und bildet darnach seine Hypothesen aus. Denn aus den mathematischen Begriffen für sich kann er nicht finden die Grösse der materiellen Theile, wie schnell sie sich bewegen und welche Linien sie beschreiben. Dies könne nur aus der Erfahrung erkannt werden. Gott hätte dies Alles in verschiedener Weise einrichten können, welche Art er aber wählte, lehrt uns die Erfahrung. Sie gestattet für die Anwendung der mathematischen Begriffe die Aufstellung verschiedener Hypothesen, welche zulässig sind, wenn Alles, was daraus folgt, mit der Erfahrung übereinstimmt. Für die Erklärung des Weltgebäudes und der Bewegung der Himmelskörper glaubt Cartesius nun drei verschiedene Elementartheile annehmen zu müssen: zuerst feine, sehr bewegliche undulirende Elementartheile von unbestimmter Kleinheit, woraus die Sonne und die Fixsterne bestehen; dann zweitens runde, ebenso undulirende Elementartheile, welche die Himmelsräume erfüllen. Diese Theile sollen durch ihre Wirbelbewegung rund geworden und die Zwischenräume zwischen ihnen durch die verschieden gestalteten Theile des ersten Elementes erfüllt sein. Drittens nimmt er grobe unbewegliche Massentheile an, woraus die Erde, die Planeten und die Kometen bestehen. Dass solche drei Arten von Elementartheilen anzunehmen seien, beweise auch das Licht, das als feine Materie von der Sonne und den Fixsternen ausströmt durch die Himmelsräume, die runden Elementartheile hindurch und von den groben Massentheilen der Erde und der Planeten zurückgeworfen wird.

In der flüssigen Materie des Himmels, worin sich Wirbel bilden, schwimmen die Weltkörper und werden mit den Wirbeln, worin sie sich befinden, fortbewegt.

Die Lehren des Descartes von der körperlichen Natur sind philosophisch noch etwas weiter ausgebildet worden von Geulincx und Spinoza. Geulincx meinte, die Undurchdringlichkeit der Körper bestehe nur darin, dass zwei Räume nicht Ein Raum sind. Aus dem völligen Zusammenfallen von Körperlichkeit und räumlicher Ausdehnung schliesst er auch, dass alle Körper zusammen in Wahrheit nur Einen Körper bilden, da der Raum eins und stetig in sich zusammenhängend ist. Die einzelnen Körper existiren nicht für sich, sondern sind nur Modificationen des einen Weltkörpers, der den unendlichen Raum erfüllt. Der eine Weltkörper sei durchaus untheilbar, von Theilbarkeit könne nur bei den einzelnen Körpern gesprochen werden. Bei dem einen unendlichen Weltkörper falle auch der Grund zur Unterscheidung der drei Raumdimensionen weg, die nur für die einzelnen Körper Bedeutung hätten.

Noch mehr wie Cartesius macht Geulincx auch die völlige Passivität der ausgedehnten Substanz gelten. Denn in der Ausdehnung liege nichts von Kraft und Thätigkeit, sondern nur, dass der eine Theil neben dem anderen ist, nicht aber, dass der eine Theil von oder zu dem anderen sich bewege. An sich kommt dem Körper keine Bewegung zu, er kann sich nicht selbst in Bewegung setzen. Die Körper bringen keine Bewegung hervor, sondern theilen sich nur Bewegung mit und verlieren soviel, als sie mittheilen. Die Bewegung der Körper ist daher nur ein Leiden und kein Hervorbringen. Die Körper produciren nichts. Man meint wohl, dass die Körper Wärme, Licht, Fall hervorbringen, allein dies sei eine Täuschung. Denn was wirkt, muss wissen, wie es wirkt. Wovon ich nicht weiss, wie ich es hervorbringe, das bewirke ich auch nicht. Da nun der Körper ohne Gedanken und Bewusstsein ist, so kann er auch nichts hervorbringen. Hieraus folgt nun aber auch, dass der Körper in mir keine Empfindung bewirken kann, die er nicht einmal in sich zu erzeugen vermag, und dass auch ich weder meinen Körper bewege, noch die Empfindungen in mir hervorbringe, denn ich weiss nicht, wie dies geschieht. Ich bin nur der Zuschauer der Bewegungen meines Körpers, meine Gedanken sind nur in mir und in meinem Bewusstsein eingeschlossen. Geist und Körper sind daher völlig diverse und getrennte Substanzen, ohne alle Verbindung, Gemeinschaft und Wechselwirkung. Die mannigfaltigen Empfindungen, die in mir unwillkürlich entstehen, und die Bewegungen in meinem Körper bringe weder ich, noch bringt ein Körper sie hervor, da ich nicht weiss, wie sie entstehen, und der Körper nur Ausdehnung, aber keine Causalität besitzt. Da nur einem Geist überall Causalität zukommt, so kann auch nur ein unendlicher Geist, Gott, jene Empfindungen und Bewegungen hervorbringen. Er bringt die Körperwelt und alle Bewegungen in ihr hervor und in den endlichen Geistern in Veranlassung der Bewegungen der Körper entsprechende Empfindungen und in Veranlassung ihrer Gedanken entsprechende körperliche Bewegungen. Körper- und Geisterwelt sind wie zwei Uhren, die unabhängig von einander bestehen, aber doch in Uebereinstimmung mit einander bleiben, weil beide nach demselben

Sonnenlauf sich richten. Die erste und wahre Ursache von allem Geschehen ist Gott, die Körper und die endlichen Geister sind nur gelegentliche und secundäre Ursachen von dem, was in Uebereinstimmung in beiden vorgeht. Das ist das System des Occasionalismus, welches Geulincx zuerst aufgestellt hat und das auch von Malebranche und Berkeley gelehrt worden ist.

Die modificirte Auffassung von der körperlichen Natur, zu der Spinoza gelangt, entspringt daraus, dass er die Ausdehnung wie das Denken nur als zwei Attribute einer und derselben Substanz auffasst. Er hebt die Substantialität des Körpers und des Geistes zugleich auf und setzt beide zu blossen Attributen einer und derselben Substanz herab. Spinoza geht von der Annahme aus, dass nur Gott existirt, da es nur Ein Seiendes geben kann, das ganz in sich selber existirt und allein aus sich begriffen werden kann und das Ursache von sich selber ist. Die eine unendliche Substanz, die in unendlichen Attributen gedacht wird, deren jedes das unendliche und ewige Wesen ausdrückt, ist Gott. Was ausserdem noch zu existiren scheint, ist nur ein Modus der göttlichen Substanz. Alles existirt nur in Gott und kann nur aus ihm begriffen werden. Gott ist die den Dingen einwohnende, immanente und ewige Ursache, die nie angefangen hat zu wirken und nicht vorübergehend, sondern bleibend wirksam ist. Er ist daher nicht der Schöpfer der Dinge, sondern aus den göttlichen Attributen folgen nothwendig unendliche Dinge in unendlicher Weise. Gott handelt mit Nothwendigkeit in Folge seiner Natur. Diese innere Nothwendigkeit des göttlichen Handelns hebt die Freiheit desselben jedoch nicht auf, da Gott unter keinem Schicksal steht, sondern, wie er sich erkennt, nothwendig handelt. Aber Gott handelt nicht nach Zwecken. Spinoza verwirft alle Zweckerklärung, worin er weiter geht als Bacon und Descartes, indem er nicht blos die Erkennbarkeit, sondern auch das Dasein der Zwecke negirt. Die Zwecke sind nur Einbildungen unseres begehrlichen Geistes, der sich irriger Weise Musterbilder schafft und die Dinge, wiefern sie damit übereinstimmen oder davon abweichen, für gut und böse hält. Aus der göttlichen Natur fliesst aber Alles ohne Zweck mit Nothwendigkeit und in gleicher Vollkommenheit. Der Zweck kehrt die Natur der Dinge um, denn er macht das zum Ersten (die vorgestellte Wirkung), was das Letzte ist. Er setzt ein unvollkommenes Wesen voraus, das nach etwas begehrt, weil ihm dasselbe mangelt. Da Gott aber unendlich oder vollkommen ist, kann er nicht nach Zwecken handeln. Alle Zweckerklärung wird daher von Spinoza aus der Naturforschung völlig verbannt. Gott schafft die Natur nicht, sondern sie folgt von Ewigkeit aus ihm, und er zeugt sie nicht nach Musterbildern, sondern sie ist eine nothwendige Folge seines Wesens.

Spinoza vermag aber nicht die Entstehung des Endlichen aus Gott zu erklären, denn die Productionen Gottes müssen unendlich und vollkommen sein, wie er es selbst ist. Die Reihe der endlichen Dinge in der Natur kann daher nur aus sich selbst erklärt werden, so dass jedes endliche und bestimmte Ding aus einem anderen endlichen und bestimmten Dinge erklärt wird. Daher setzt Spinoza zwei differente Betrachtungsweisen neben einander, nämlich die *natura naturans*, d. i. Gott als Grund des unendlichen Daseins in unendlichen

Attributen, welche vollkommen sind, wie er selbst, und die *natura naturata*, d. i. der Inbegriff aller endlichen Erscheinungen, welche stets durch einander bestimmt und beschränkt sind ins Unendliche; beide existiren von Ewigkeit her neben einander, wenn gleich die *natura naturata* nur als ein Vorgefundenes in unserem Denken aufgefasst wird, während die *natura naturans* ein Gedanke ist, der zum Wesen unseres Geistes gehört und seine eigne Wahrheit selbst bezeugt.

Von den unendlichen Attributen Gottes sind uns nur zwei, die Ausdehnung und das Denken bekannt. Als Attribut des göttlichen Wesens bildet die Ausdehnung eine untheilbare Einheit, da das Unendliche nicht theilbar und messbar ist. Das körperliche Universum sei daher als ein Individuum anzusehen. Da Gott Ursache von sich selbst und die immanente Ursache aller Dinge ist, so müsse die Ausdehnung auch als ein Activum aufgefasst werden. Die Mannigfaltigkeit der Körper geht aus der göttlichen Causalität hervor und stellt das ewige und unendliche Wesen Gottes dar. Spinoza tadelt, dass Descartes eine blosse ruhende Materie angenommen. Ihm scheint die Natur die Allmacht, das Leben Gottes als Kraft, sich selbst zu erhalten, darzustellen. Da die Ausdehnung und das Denken dieselbe göttliche Substanz darstellen, so weicht Spinoza auch darin von Cartesius ab, dass er Alles als beseelt annimmt, denn jedes Ding ist ebenso wohl eine Modification der göttlichen Ausdehnung, wie des unendlichen Denkens. Ausdehnung und Denken entsprechen sich überall, sie sind nur zwei verschiedene Auffassungen des Verstandes von der gleichen Substanz. Der menschliche Geist ist um so geschickter, etwas zu empfinden, je mehr sein Körper für verschiedene Modificationen empfänglich ist. Durch den Körper empfängt die Seele ihre Erkenntnissfähigkeit nach der objectiven Seite. Sie ist nur der Begriff ihres Körpers, der ihr unmittelbarer Gegenstand ist. Die Modi der Ausdehnung sind die Ruhe und die Bewegung, die des Denkens der Verstand und der Wille. Die Betrachtungsweisen des Einzelnen sind bei Spinoza mechanisch, denn in der *natura naturata* ist jedes endliche und bestimmte Ding, jeder Modus durch einen anderen ebenso endlichen und bestimmten bedingt. Aus der *natura naturans* scheint eine dynamische Naturerklärung hervorzugehen, die jedoch im Einzelnen nicht zur Anwendung kommt, wo vielmehr Spinoza den von Descartes eingeschlagenen Weg der mechanischen Erklärungsweise fortsetzt.

§. 83. Leibniz (1646—1716). Die Naturphilosophie der Monadologie.

Mit Recht, sagt Leibniz[1], habe Cartesius gelehrt, dass der Körper nicht ohne Ausdehnung gedacht werden könne, da die Vernichtung der Ausdehnung auch den Körper aufheben würde. Hieraus folge jedoch nur, dass die Ausdehnung ein wesentliches Moment im Begriffe des Körpers bilde, nicht aber, dass sie allein das Wesen der körperlichen Natur constituire. Wäre der Körper nichts als Ausdehnung, so müsste daraus auch die ganze äussere Natur sich

---

[1] God. Guil. Leibnitii Opera philosophica quae exstant gallica germanica omnia. Edita recognovit e temporum ratione disposita pluribus ineditis auxit etc. S. E. Erdmann. — Leibniz als Denker. Auswahl seiner kleineru Aufsätze — übersetzt und eingeleitet von G. Schilling.

begreifen lassen, was doch nicht der Fall sei. Namentlich lasse sich daraus die Bewegung der Körper nicht erklären. Wenn der Körper ohne Rücksicht auf die metaphysischen Begriffe der Kraft, der Trägheit, des Widerstrebens gegen die Bewegung blos unter den mathematischen der Ausdehnung, der Grösse und der Figur gedacht wird, so würde daraus nothwendig folgen, dass die Bewegung eines noch so kleinen Körpers, wenn er einen noch so grossen trifft, diesem eingedrückt würde und folglich der grösste ruhende Körper auch von dem kleinsten sich bewegenden mit fortgerissen würde, ohne dass dieser von seiner Geschwindigkeit verlöre, weil in dem mathematischen Begriffe von einem Körper nur die totale Indifferenz gegen alle Bewegung, aber gar kein Widerstreben gegen dieselbe liegt. Dann würde es auch nicht schwerer sein, einen grossen Körper in Bewegung zu setzen als einen kleinen, und es würde eine Thätigkeit ohne Reaction und folglich kein Maass, die Kraft zu schätzen, geben, da von jeder Alles geleistet werden könne. Dies anzunehmen, widerspreche aber der Ordnung der Natur und den Principien einer wahren Metaphysik. Ohne die metaphysischen Begriffe der Kraft und des Widerstandes könne die körperliche Natur nicht begriffen werden. Die Ausdehnung allein erklärt sie nicht, da in ihr kein Grund der Bewegung liegt.

Ausserdem behandelt aber auch Cartesius den Begriff der Ausdehnung als eine Vorstellung, die keiner weiteren Erklärung bedürfe, sondern durch sich selbst klar und deutlich sei. Auch in diesem Punkte weicht Leibniz von Cartesius ab. Denn die Ausdehnung sei nicht ohne ein Subject zu begreifen, wovon sie ein Prädicat ist. Sie selber kann nicht als ein letztes Subject gedacht werden, sondern nur als ein Attribut eines solchen, für sich ist sie nur ein Abstractum und setzt ein Ausgedehntes voraus. In dem Subjecte, wovon die Ausdehnung ein Prädicat ist, müsse irgend eine Qualität sein, deren ununterbrochene und simultane Wiederholung die Ausdehnung ist. Die Ausdehnung ist die unbestimmte Wiederholung einer Sache, einer Qualität, ohne welche sie nicht zu begreifen ist, denn für sich ist sie nur ein Quantum. Wie es keine Zahl ohne Gezähltes, so gäbe es auch keine Ausdehnung ohne Dinge, deren Wiederholung sie ist.

Die Ausdehnung und die Bewegung glaubt Leibniz nun aus der Annahme einfacher Substanzen herleiten zu können. Solche einfache Substanzen müsse es geben, da es zusammengesetzte giebt, denn das Zusammengesetzte ist nur eine Anhäufung oder ein Aggregat des Einfachen. Da das Einfache das ist, was keine Theile mehr hat, so hat es folglich auch keine Ausdehnung, Gestalt und Theilbarkeit und kann daher auch kein Körper sein. Die einfachen Substanzen ohne Ausdehnung, Gestalt und Theilbarkeit nennt Leibniz Monaden, welche die wahren Atome der Natur und die Elemente aller Dinge sind. Als einfache Substanzen können die Monaden weder auf natürliche Weise, d. i. durch Zusammensetzung entstehen, noch durch Auflösung wieder untergehen; sie können nur durch Schöpfung entstehen und durch Vernichtung vergehen, während das Zusammengesetzte nach seinen Theilen entsteht und vergeht. Da alle einfachen Substanzen als erschaffene Wesen einer stetigen Veränderung unterworfen sind, so muss in ihnen selbst ein inneres Princip sein, woraus die Veränderungen

hervorgehen. Denn von Aussen kann in die Monaden nichts hineinkommen, noch kann sich von ihnen etwas abtrennen, weil sie einfache Substanzen sind. In ihrem Innern können sie durch kein anderes Wesen alterirt oder verändert werden. Dies innere Princip der natürlichen Veränderungen ist die Kraft. Jede Monade repräsentirt daher in der Materie, deren Bedingung sie ist, ein inneres Princip der Kraft, die selbst nichts Ausgedehntes, sondern einfach ist, nichts Sinnliches, sondern nur etwas intellectuell Erkennbares. Die Einheit der Monaden oder der Atome kann jedoch, weil sie innerlich veränderlich sind, nur so gedacht werden, dass darin zugleich eine Mannigfaltigkeit dessen liegt, was sich verändert. In der einfachen Substanz muss daher eine Mehrheit von Zuständen und Beziehungen stattfinden, obwohl sie keine Theile haben. Dies sei ebenso wohl möglich, wie auch ein einfacher Punkt doch viele Beziehung haben könne als Spitze von verschiedenen Winkeln. Wir vermögen die einfachen Substanzen nur in Analogie mit unserem Ich aufzufassen, welches die einzige Substanz ist, die wir unmittelbar erkennen. Die Monaden werden daher auch als seelenartige Wesen, die vorstellen und begehren, in verschiedenen Graden des Bewusstseins aufgefasst. Jede Monade, in sich ein selbständiges und abgeschlossenes Wesen, unterscheidet sich von jeder anderen qualitativ, denn es giebt in der Natur nicht zwei völlig identische Dinge. Auch die Verschiedenheiten ihrer räumlichen Verhältnisse beruhen auf innern Verschiedenheiten. Solcher Monaden giebt es unendlich viele. Die ganze Natur ist voll von Monaden oder lebendigen Wesen, weil überall, wo uns etwas körperlich und ausgedehnt erscheint, wir auch als Principien dieser Erscheinungen einfache, von ihnen aus thätige Wesen voraussetzen müssen. Aus diesen Principien meint Leibniz die Erscheinungen der Natur, Materie und Bewegung erklären zu können.

Die mechanisch-mathematische Naturerklärung des Descartes findet auch Leibniz zutreffend. Er will sie über Alles ausgedehnt sehen. Nicht blos der Körper, sondern auch die Seele sei ein Automat. Von einer körperlichen Maschine unterscheidet sich die Seele nur dadurch, dass die Elemente ihrer Bewegungen Gedanken sind, sonst ereignet sich in ihr Alles mit Nothwendigkeit. Die natürlichen Körper aber sind Maschinen bis in ihre kleinsten Theile, während bei unseren künstlichen Maschinen die mechanische Vorrichtung nicht auch die kleinsten Bestandtheile durchdringt. Alle Bewegung geschieht durch einen bewegenden Körper in unmittelbarer Berührung, durch einen Stoss. Eine Attractionskraft der Materie, welche in die Ferne wirkt, erscheint ihm daher nur als eine *qualitas occulta*. Die Bewegung selbst aber ist nur ein Phänomen, das eine Erklärung fordert. Sie selbst muss erklärt werden aus den kleinsten untheilbaren Momenten, woraus sie zusammengesetzt ist. Diese kleinsten Momente, worin daher auch der wahre Grund der Bewegung liegt, sind die Bestrebungen der Monaden, aus einem Zustand der Empfindung in den anderen überzugehen, wovon die Bewegung nur das äussere Phänomen sei. Die Bewegung hat daher in den Kräften der Monaden selbst ihren Grund und wird nicht von aussen als ein beständiges Quantum, das sich nur verschieden vertheilt, von Gott in die Materie hineingelegt. Da die Bewegung ihren Grund

hat in den Kräften der einfachen Substanzen, so substituirt LEIBNIZ für das Gesetz des DESCARTES von der constanten Grösse der Bewegung in der Natur das Gesetz, dass sich in der Natur dieselbe Grösse der bewegenden Kraft erhalte, und für das Maass der bewegenden Kraft, welches nach CARTESIUS das Product der Masse in die einfache Geschwindigkeit ist, das Product der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit.

Die einfachen Substanzen oder die Monaden sind an sich nicht ausgedehnt und körperlich. Dass sie uns dennoch so erscheinen, hat einen dreifachen Grund, einen subjectiven in der Natur unserer Sinne und einen objectiven theils in der *prima materia* der Monaden, theils in der *materia secunda* oder *massa*. Unsere Sinne stellen alles nur verworren vor, weil ihnen die Kraft der Unterscheidung abgeht. Daher erscheint uns ein Gemenge blauer und gelber Sandkörner grün, ein gezahntes Rad, wenn es gedreht wird, als ein Kreis. Auf die Sinne wirken beständig unzählige Eindrücke in unendlich schneller Aufeinanderfolge. Diese Eindrücke, welche die Sinne nicht scheiden, verschmelzen daher mit einander zu einer verworrenen Vorstellung. Sie sind das Resultat von den Eindrücken, welche das ganze Universum auf die Seele ausübt. Die Seele stellt daher sinnlich das Unendliche verworren vor und strebt verworren nach dem Unendlichen. Jede Seele, in sich selbst eine kleine Welt, ist zugleich auch ein Bild und Spiegel des Universums. Hieraus erkläre es sich, dass uns etwas als körperlich erscheint, was es an sich nicht ist. Es existiren freilich keine Körper, sondern nur Monaden. Wenn aber alle Monaden gegenseitig auf einander wirken und diese Eindrücke ungesondert mit einander verschmelzen, so entsteht daraus die Vorstellung von etwas Körperlichen und Ausgedehnten.

Dass aber verworrene Vorstellungen in der Seele entstehen können, hat einen objectiven Grund in der *prima materia*, welche an allen Monaden das Princip des Leidens und des Widerstandes ist. Diese *prima materia* aber ist keine Substanz für sich, sondern an allen Monaden nur eine Seite, ein Moment ihres Seins. Es kommt dies den Monaden aber nothwendig zu, weil sie endlich und erschaffen sind. Darin liegt der Grund, dass sie eine Seite des Leidens an sich haben. Hierin stimmen sie auch alle mit einander überein. Die *materia prima* ist daher auch das Band der Monaden unter einander, das Medium ihrer Communication. Wenn die Monade von der Materie befreit oder entledigt wäre, so wäre sie zugleich von dem allgemeinen Bande losgerissen und gleichsam Deserteur und Ausreisser von der allgemeinen Ordnung. Dass wir also etwas verworren vorstellen und in Folge davon uns etwas körperlich erscheint, hat einen objectiven Grund in der *prima materia* der Monaden.

Der Körper als *materia secunda sive massa* ist keine ursprüngliche Einheit, sondern eine Vielheit, er selbst ist keine Substanz, sondern eine Wirkung aus dem Zusammensein vieler einfacher Substanzen in einem Raume. Die Körper sind daher Aggregate von Monaden. Diese sind jedoch nicht die Theile, sondern die Bedingungen des Körpers. Obgleich die Monaden an sich nicht ausgedehnt sind, so haben sie doch, da alle in Beziehung und im Verhältnisse zu einander stehen, eine Lage und Stellung zu einander, welches die Grundlage der Ausdehnung ist und wovon der Raum und das Zusammensein der Monaden im Raume nur ein Phänomen

ist. Dass Monaden daher als ausgedehnt und den Raum erfüllend erscheinen, hat seinen objectiven Grund in ihrer Lage und Stellung zu einander. Wenn in einem Aggregate von Monaden aber eine die herrschende ist, so ist diese die Seele, die übrigen sind als dienende der Leib. Dies Verhältniss ist aber selbst ein relatives, Monaden können in verschiedenen Verhältnissen herrschend und dienend sein. Es giebt daher auch keine Seele ohne Leib, denn alle Monaden stehen in Beziehung und Verhältnissen zu einander. Wo aber in einem Aggregate von Monaden ein solches Verhältniss sich noch nicht gebildet hat, sondern alle in gleichem Verhältnisse zu einander stehen, stehen auch alle noch auf der niedrigsten Stufe des Daseins der unorganisirten Materie. Als blosse Materie erscheint uns daher ein Aggregat nackter Monaden, welche sich in einem traumartigen Zustande befinden und ihr Leben nicht äussern können, da sie ohne Organe sind.

Wenn Körper Aggregate von einfachen Substanzen sein sollen, so werden sie mit einander verbunden sein entweder realiter durch Kräfte, die nach Aussen wirken, oder sie werden nur durch eine ideale Harmonie mit einander verbunden sein, wenn sie solche Kräfte nicht besitzen. Eine äussere Wirksamkeit der Monaden auf einander soll nach Leibniz nicht stattfinden. Von Aussen kann nichts in sie hineindringen, noch können sie nach Aussen wirken. Sie sind in sich abgeschlossene nur innerlich thätige Wesen. An die Stelle der realen Wechselwirkung der Dinge unter einander stellt Leibniz sein System der prästabilirten Harmonie. Von Anfang an sollen die Monaden durch die göttliche Kunst so organisirt sein, dass zwischen ihren inneren Thätigkeiten und Veränderungen auch ohne realen Wechselverkehr Harmonie stattfindet. Wenn in der einen Monade eine Thätigkeit entsteht, entsteht auch in der anderen eine entsprechende, weil alle in idealer Uebereinstimmung mit einander sich entwickeln, welche prästabilirt ist in der ursprünglichen Natur der Monaden, woraus alle Entwicklungen mit Nothwendigkeit hervorgehen. Die Harmonie der Welt, welche ein grosses Aggregat unzähliger Monaden ist, besteht in dem Gedanken Gottes, der die Monaden in Uebereinstimmung mit einander erschaffen hat. Die äussere Mechanik wird daher eine innere, die Nothwendigkeit der äusseren Ursache die Nothwendigkeit der inneren. Die inneren Entwicklungen der Monaden, welche in idealer Harmonie mit einander stehen, gehen mit innerer Nothwendigkeit aus einander hervor. In diesem Sinne sind die Monaden geistige Automaten und spricht Leibniz von einem höheren Mechanismus, woraus die Erscheinungen zu erklären seien, und will er auch die Zweckursachen zu der Naturerklärung verwandt wissen. Denn das Gegenwärtige, wie es eine nothwendige Folge aller früheren Zustände ist, enthält auch den Keim des Zukünftigen in sich. Mit der Vergangenheit belastet, geht das Gegenwärtige schwanger mit der Zukunft. Jede Monade strebt von ihrem gegenwärtigen Zustande aus nach einem vollkommneren. Die Zweckursachen sollen aber selbst mit den wirkenden Ursachen in Harmonie sein, denn Alles, was geschieht, sei prädeterminirt.

Durch die Aufhebung der realen Wechselwirkung unter den Dingen, die durch eine blosse ideale prästabilirte Harmonie ersetzt werden soll, wird die

gesammte körperliche Natur zu einem blossen Schein von der Monadenwelt herabgesetzt. Ohne eine reale Einwirkung der Dinge auf einander verstehen wir nicht, wie sinnliche Vorstellungen sollen möglich sein können, aus deren ungesonderter Verschmelzung der Schein der Körperlichkeit entstehen soll. Selbst dieser Schein ist unmöglich, wenn auf die Sinne keine realen Eindrücke stattfinden. Auch der Begriff einer *materia prima* als eines Principes des Widerstandes und des Leidens an den einfachen Substanzen hat keine Bedeutung, wenn keine reale Einwirkung stattfindet, der Widerstand geleistet werden kann. Ebenso wenig aber vermögen wir den Begriff der *materia secunda* ohne reale Wechselwirkung der einfachen Substanzen zu fassen, da, wenn in ihnen auch die Bedingungen zu einem Zusammensein in einem Raume vorhanden sind, sie denselben doch nicht einnehmen und erfüllen können, wenn sie ganz und gar nicht auf einander einwirken. Ein Aggregat von Monaden kann daher ohne reale Wechselwirkung keinen Körper bilden.

§. 84. Das materialistische System der Natur.

Die materialistische Naturansicht ist vorzüglich in der Schrift: *Système de la nature ou des loix du monde physique et du monde moral par* M. Mirabaud, London 1770, ausgebildet worden. Sie gilt als das Evangelium des Materialismus. Ihr Verfasser ist jedoch nicht Mirabaud, der schon todt war, als sie erschien, sondern Paul Dietrich, Baron von Holbach aus Hildesheim in der Pfalz, geboren 1722 und gestorben 1789 [1]. Auf der Grundlage des consequenten Sensualismus und der Ergebnisse der empirischen Naturforschung soll das System der Natur erbauet werden, welches jedoch als eine Metaphysik der Natur die Grenzen des Sensualismus und Empirismus weit überschreitet. Das Universum lehrt das System, zeigt uns nichts als Materie und Bewegung. Durch die Bewegung ist die Verbindung zwischen uns und den Dingen ausser uns vermittelt. Die Empfindungen sind Bewegungen in uns, welche durch Bewegung ausser uns hervorgebracht werden. Alle Verhältnisse der Aussenwelt stellen sich in Bewegungen dar. Ursache ist ein Ding, welches andere in Bewegung setzt, und Wirkung eine Veränderung, welche ein Körper in dem anderen hervorbringt. In der Verkettung von Ursachen und Wirkungen, welche das Universum zu erkennen giebt, ist indess jede Wirkung auch als Ursache und jede Ursache auch als Wirkung anzusehen. Der Bewegung liegt eine Substanz zu Grunde, welche die Materie ist. Denn aus der Wahrnehmung der Bewegung schliessen wir mit Recht auf die subsistirende Materie und ihre wesentlichen Eigenschaften. Wesen und Wirkung der Dinge stehen in genauester Verbindung mit einander. Die Gesetze der Bewegung sind unwandelbar, weil das Wesen der Dinge unveränderlich ist. Ihr Wesen beruht darauf, dass sie wirken; sie wirken aber, indem sie bewegen. Im Universum giebt es daher nichts als Materie und Bewegung.

Im Verhältnisse zu seinem Wesen und seiner eigenthümlichen Natur hat jedes Ding auch ein Vermögen, verschiedene Bewegungen hervorzubringen, zu

[1] H. Ritter, Geschichte der Philosophie. Thl. 12. S. 462 u. f.

empfangen und mitzutheilen, modificirt jedoch durch äussere Einflüsse. Die Eigenthümlichkeit der Dinge ist so gross, lehrt das System in Uebereinstimmung mit Leibniz, dass es in der Welt nicht zwei völlig gleiche Dinge giebt. Daher verwirft Holbach die Hypothese einer allgemeinen Materie, welche nur durch die Bewegung ihrer Theile verändert würde. Da der ursächliche Zusammenhang der Dinge ein verschiedener ist, müsse es auch verschiedene Dinge geben. Die Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen ist nur aus einer Mannigfaltigkeit verschiedener Elemente erklärbar. Die ersten Elemente der Materie sind *molecules* oder Atome. Sie sind ausgedehnt und haben daher Theile, jedoch nur gleichartige. Da diese Theile indess nur in der mathematischen Abstraction sich sondern lassen, so sind die Atome einfach und untheilbar. Jedes Element hat auch seine besondere Qualität, woraus ihre verschiedenen Wirkungen hervorgehen. Die Atome sind also qualitativ von einander verschieden, wodurch sich diese Atomistik von der alten unterscheidet, welche nur eine quantitative Verschiedenheit der Atome annahm.

Im Universum ist alles in beständiger Bewegung, die Ruhe ist nur scheinbar, sie besteht nur in unmerklicher Bewegung, deren Veränderungen wir nicht wahrnehmen. Das Wesen aller Dinge ist Thätigkeit. Der Stein, welcher auf die Erde drückt, und die Erde, die ihm Widerstand leistet, sind beide thätig. In beiden ist ein *nisus*, ein Bestreben zur Thätigkeit, welches in allen Dingen ist. Der *nisus* beweist, dass nichts in Ruhe ist und dass alle Ruhe nur scheinbar ist. Die Körper, welche als Ganzes ruhen, haben doch in ihren Theilen diesen *nisus*; woraus der Druck und Gegendruck der Theile, ihre Action und Reaction hervorgeht und worauf der Zusammenhang der Körper, dass sie eine Masse bilden, beruht.

Es giebt zwei Arten der Bewegung: sichtbare und verborgene. Die sichtbare ist die Bewegung der Massen, die Ortsveränderung; die verborgenen Bewegungen, welche wir nicht mehr wahrnehmen können, schliessen wir aus jenen. Das System setzt also kleinste Elemente und kleinste Bewegungen voraus, welche nicht mehr durch die Sinne wahrnehmbar sind. Diese Elemente und ihre Bewegungen überschreiten die Grenzen der Sinne. Aber auch der Gedanke des grossen Ganzen, welches wir die Natur nennen, geht über die Sinne hinaus. Es giebt eine solche Natur, aber wir können sie nicht empfinden, Das Kleinste und das Grösste, was das System annimmt, ist für die Sinne transcendent. Das ist auch der Fall, sofern die Natur als eine den Sinnen unbekannte verborgene Kraft angesehen wird. Diese Annahmen gründen sich nicht auf dem Sensualismus.

Wenn alles in Bewegung, und Ruhe nur scheinbar ist, so fragt sich, woher die Bewegung stammt. Die Natur, sagt Holbach, hat die Bewegung von sich selber. Sie ist ein wirksames Ganze, das sich selbst bewegt, da ausser dem Ganzen nichts ist. Deshalb soll es auch überall lebendige Kräfte geben, welche das Weltall beleben und die Dinge zwingen, nach ihrer eigenen Energie zu handeln. Daher vertheidigt Holbach auch die *generatio aequivoca*. In der Materie selbst liegen bewegende Kräfte und sie bewegt sich durch ihre eigne Energie, weshalb Holbach auch nicht die Trägheit der Materie annimmt. Da alle Körper

schwer sind, so ist in allen auch ein beständiges Streben zur Bewegung nach dem Centrum hin, welches im Fall sich äussert, sobald kein äusseres Hinderniss vorhanden ist. In allen Theilen, wie im Ganzen der Natur ist ein selbständiges Streben. Die Trägheit sei eine Kraft der Trägheit und kein blosser Zustand, sie folge aus dem Selbsterhaltungsstreben, was in allen Dingen ist. Die Selbsterhaltung ist das Ziel und der Zweck aller Bewegungen. Die Moralisten nennen dies Streben Selbstliebe, die Physiker aber Gravitation auf sich selbst. Alles gravitirt gegen sich selber und bewegt sich dadurch. Auch ist Holbach geneigt, die Empfindung als eine allgemeine Eigenschaft der Materie anzunehmen. Seine Lehren von den qualitativen Elementen, ihrer Selbstbewegung und Belebung erinnern an die Ansichten der theosophischen Chemiker und enthalten einen Uebergang zur rein dynamischen Naturansicht. Er verbindet damit aber die mechanische Naturbetrachtung, da alle spontane Thätigkeit eine äussere Bewegung voraussetze, und weil die Dinge sich nur selbst erhalten, gegen äussere Einwirkungen und Störungen, die sie erfahren.

Die Materie ist ewig, ohne Anfang und Ende, denn da sie sich selbst bewegt, kann sie auch nur aus sich selber sein. Sie ist das Beharrliche, welches den Wechsel aller Erscheinungen überdauert, und kann nicht, wie eine Erscheinung, vergehen und entstehen. Aber auch die Bewegung in der Welt ist ewig, weil das Wesen der Dinge im Thätigsein besteht. Alles geschieht aber nothwendig. Denn alle Bewegungen sind nothwendige Folgen theils aus dem Wesen der Dinge, theils aus den äusseren Umständen. Der Zufall ist nur eine unbekannte Ursache. Freiheit der Wahl findet nicht statt. Jedes Ding muss in jedem Augenblick seines Daseins so wirken, wie es wirkt. Die Natur bringt Alles in der Verkettung der Ursachen mit Nothwendigkeit hervor ohne Bosheit und Güte, ohne Ordnung und Unordnung, welche nur der Mensch in sie hineintrage. Die Natur handelt ohne Zwecke.

Von Körper hat der Geist und von der Natur Gott keine getrennte Existenz. Das Denken besteht in der verborgenen Bewegung der kleinen Theile, die wir nicht wahrnehmen. Die bewegende Kraft des Universums, welche wir Gott nennen, ist in und nicht ausser der Natur, denn ausser dem grossen Ganzen kann nichts sein. Holbach fasst die Natur aber bald als eine Einheit, als eine Centralkraft, der alle Kräfte der Dinge untergeordnet sind, bald aber auch als eine ursprüngliche Vielheit, als eine blosse Sammlung von Materien, Elementen und Atomen. Nur in der letzteren Auffassung liegt eine atheistische Tendenz, während der Atheismus in der ersteren Auffassung, welche wohl die eigentlich gewollte ist, nur ein relativer ist.

3. Die Naturphilosophie seit Kant.

§. 85. Kant (1724—1804). Dynamische Naturphilosophie.

Von der Natur giebt es nach Kant eine zweifache Erkenntniss nach der doppelten Bedeutung dieses Wortes; denn Natur in materieller Bedeutung sei der Inbegriff aller Gegenstände der Erfahrung, wovon es auch nur eine empirische Erkenntniss giebt. Natur aber in formaler Bedeutung ist das Dasein

der Dinge, insofern es nach allgemeinen Gesetzen bestimmt ist, wovon eine Erkenntniss *a priori* möglich sei. Die Naturwissenschaft *a priori* handelt also von den allgemeinen Gesetzen der Naturerscheinungen. Diese Gesetze hat KANT in seiner Kritik der reinen Vernunft abgehandelt. Sie sind sehr allgemeiner Art und werden von den empirischen Naturwissenschaften meistens als selbstverständlich vorausgesetzt. Unter ihnen sind auch nur zwei von wesentlicher Bedeutung, nämlich das Gesetz der Causalität, wornach nichts ohne Ursache geschieht, und das der Substantialität, welches besagt, dass allen Veränderungen eine unveränderliche Substanz zu Grunde liegt, woran die Veränderungen stattfinden. Diese Gesetze haben, nach KANT, ihren Ursprung in unserem Verstande, weil sie nur Formen des Denkens sind, wodurch wir wahrgenommene Erscheinungen mit einander verbinden. Wenn sie aber durch den Verstand selbst gegeben sind, müssen sie auch *a priori* erkannt werden. Denn wenn der Verstand sich selbst erkennt, so liegt in der Erkenntniss seiner Formen, worin er genöthigt ist, die gegebenen Erscheinungen mit einander verbunden zu denken, auch die Erkenntniss der allgemeinen Gesetze der Natur, da ihre Gesetze nur seine Formen des Denkens sind. Es giebt daher eine Naturwissenschaft *a priori* von den allgemeinen Gesetzen, worunter alle gegebenen Erscheinungen stehen. Allein, da diese Gesetze nur Formen unseres Denkens sind, so entspringt daraus eine idealistische Naturansicht. Die Natur ist eine gesetzmässige Erscheinungswelt unserer Anschauungen und Gedanken. Sie offenbart nichts weiter als die Natur unserer Sinne und die Formen unseres Denkens. Diese idealistische Interpretation der gesammten Natur ruht aber bei KANT wesentlich darauf, dass die Natur nur eine Erscheinungswelt und das Absolute nicht ist. Seine idealistische Naturansicht gründet sich auf dem Gegensatze zwischen der Natur und dem Absoluten. Was den Erscheinungen zu Grunde liegt und wodurch sie allein möglich sind, ist für uns etwas völlig Unerkennbares. Was wir aber zu erkennen vermögen, die Natur, das ist nur eine Erscheinungswelt unserer Anschauungen und Gedanken. Das Absolute hat eine unbedingte, aber für uns unerkennbare Existenz, die Natur hat eine erkennbare, aber nur eine phänomenologische Existenz [1].

Ausser der apriorischen giebt es auch eine empirische Naturwissenschaft. Unsere Erfahrung aber ist eine zweifache, eine äussere und eine innere. Der Gegenstand der äusseren Erfahrung ist der Körper, der Gegenstand der inneren Erfahrung aber ist die Seele. Der Körper ist die äussere, der Geist die innere Erscheinung einer uns unbekannten Sache. Die empirische Naturwissenschaft zerfällt daher in Psychologie und Körperlehre. Eine reine Naturwissenschaft besonderer Gegenstände ist jedoch nur mit der Hülfe der Mathematik möglich. Da nun aber nur der Begriff des Körpers, nicht aber der der Seele sich mathematisch construiren lässt, so giebt es Wissenschaft im strengen Sinne nur von der körperlichen Natur, nicht aber von der Seele. Die Psychologie bleibe daher stets eine blos empirische Wissenschaft. Der Anwendung der Mathematik

[1] Kritik der reinen Vernunft.

auf die Körperlehre geht aber selbst vorher die philosophische oder metaphysische Erklärung von dem Begriffe der Materie oder des Körpers.

Kant's Erklärung von dem Begriffe der Materie setzt die Materie als empirisch gegeben voraus. Der Begriff der Materie ist kein apriorischer, sondern ein durch die äussere Erfahrung gegebener Begriff, der jedoch eine philosophische Erklärung fordert. Kant will nur zeigen, wie das empirisch Gegebene zu denken ist. Die Materie ist aber den Sinnen gegeben als das Bewegliche im Raum, da nur durch Bewegung die Materie die Sinne afficiren kann. Der Raum für sich macht keinen Eindruck auf die Sinne, er selbst ist nur als beweglicher Raum wahrnehmbar. Der bewegliche Raum ist der materielle. Auf Bewegungen sind auch alle übrigen an der Materie wahrnehmbaren Beschaffenheiten zurückführbar, weshalb in der Bewegung das Wesen der Materie liegt. Kant erklärt daher die Materie für das Bewegliche, welches den Raum erfüllt. Einen Raum erfüllen heisst aber allem Beweglichen widerstehen, welches in einen bestimmten Raum einzudringen strebt. Das Eindringen in einen Raum ist selbst eine Bewegung. Der Widerstand gegen eine Bewegung ist die Ursache ihrer Verminderung oder ihrer gänzlichen Aufhebung. Nun kann aber keine Bewegung auf eine andere Weise vermindert oder aufgehoben werden als durch eine andere Bewegung, die in entgegengesetzter Richtung erfolgt. Mithin ist der Widerstand, welchen eine Materie in dem von ihr erfüllten Raume dem Eindringen anderer Körper leistet, eine Ursache der Bewegung der letzteren in entgegengesetzter Richtung. Die Ursache einer Bewegung heisst aber eine bewegende Kraft. Also erfüllt die Materie ihren Raum nicht durch ihre blosse Existenz, sondern durch eine besondere bewegende Kraft, wodurch sie dem Eindringen in ihren Raum widersteht. Diese Kraft äussert sich als eine zurückstossende. Die Materie erfüllt ihren Raum aber durch repulsive Kräfte aller ihrer Theile, denn wenn sie nicht allen ihren Theilen zukäme, so würde auch ein Theil des Raumes nicht erfüllt, sondern nur eingeschlossen sein. Da nun repulsive Kraft aller Theile der Materie eine expansive Kraft ist, so erfüllt die Materie ihren Raum durch eine ihr eigne expansive Kraft.

Auf der expansiven Kraft als Bedingung der Raumerfüllung beruht die (expansive) Elasticität der Materie. Da jeder Materie eine expansive Kraft in einem bestimmten Grade zukommt, über den hinaus noch ein grösserer ins Unendliche gedacht werden kann, so kann auch jede Materie zusammengedrückt werden. Keine kann jedoch völlig durchdrungen werden, weil ihr Widerstand mit den Graden der Zusammendrückung verhältnissmässig wächst. Die Undurchdringlichkeit der Materie haftet nicht an ihrer blossen Existenz als eine *qualitas occulta*, sondern beruht auf ihrer Expansivkraft. Darauf gründet Kant auch die Theilbarkeit der Materie ins Unendliche, d. i. in Theile, deren jeder wiederum materiell ist. Denn jeder Theil der Materie enthält eine repulsive Kraft und ist daher beweglich und von jedem anderen Theil trennbar. Die Möglichkeit der physischen Theilung muss daher ebenso weit gehen als die mathematische Theilbarkeit des Raums.

Durch die Ausdehnungskraft allein lässt sich jedoch eine bestimmte Raumerfüllung, wie sie jedem Körper zukommt, noch nicht erklären, denn dazu

gehört eine Einschränkung der Repulsivkraft, welche nur durch eine der Materie ursprünglich zukommende, jener entgegenwirkende Kraft der Attraction möglich ist. Für sich würde die repulsive Kraft zu keiner begrenzten Ausdehnung gelangen und alle Materie ins Unendliche zerstreuen und nur den leeren Raum übrig lassen. Aber auch durch blosse Anziehungskraft ohne Zurückstossung ist keine bestimmte Raumerfüllung möglich, da ohne repulsive Kräfte, welche der Attractionskraft entgegenwirken, alle Materie in einen mathematischen Punkt sich zusammenziehen und nur der leere Raum übrig bleiben würde. Weder ohne Kräfte, noch blos durch eine Kraft, sondern nur durch zwei einander entgegenwirkende Kräfte ist daher eine Materie, welche einen bestimmten Raum erfüllt, denkbar. Beide Kräfte sind aber auch unter sich verschieden, denn die eine, die Repulsivkraft, wirkt nur in der gemeinschaftlichen Fläche der Berührung, ist also eine Flächenkraft; die andere aber, die Attractionskraft, worauf die allgemeine Gravitation der Materie beruht, erstreckt sich von jedem Theile der Materie auf jeden anderen unmittelbar wie durch den leeren Raum, und ist also eine durchdringende Kraft. Beide Kräfte sind also ihrem Wesen und nicht blos ihrer Richtung nach verschieden, sofern die eine Annäherung, die andere Entfernung der Raumtheile bewirkt, weshalb auch die Phänomene der Attraction nicht auf eine blosse Repulsation zurückführbar sind. Die verschiedenen Grade der Raumerfüllung hängen von den verschiedenen Graden der ursprünglichen expansiven Kräfte der Materie ab, da die Anziehung der Quantität der Materie proportional ist. Die Möglichkeit dieser beiden Grundkräfte lässt sich aber weder aus einander, noch aus etwas anderem begreiflich machen. Alle Naturphilosophie besteht nur in der Zurückführung gegebener, dem Anscheine nach verschiedener, Kräfte auf eine geringere Zahl von Kräften und Vermögen, die zur Erklärung der Wirkungen der ersteren zulangen, welche Reduction aber nur bis zu Grundkräften fortgeht, über die unsere Vernunft nicht hinauskann [1].

Ausser dem allgemeinen Begriffe von der Natur und der dynamischen Erklärung von dem Begriffe der Materie haben wir bei Kant noch einen dritten Punkt seiner Naturphilosophie zu erwähnen, nämlich seine Erneuerung der teleologischen Naturerklärung, die er mit der mechanischen verbindet. Ihre Anwendung fordert die Erkenntniss der organischen Natur, welche aus blossen Principien der Mechanik nicht begreiflich sei. Denn in einem organischen Wesen findet sich nicht blos eine formale und äussere, sondern eine reale und innere Zweckmässigkeit, da die organischen Wesen selbst als Naturzwecke existiren. Ein Ding existirt aber als Naturzweck, wenn es von sich selbst Ursache und Wirkung ist. Eine solche Causalität zeigen uns aber die organischen Wesen, denn es erzeugt sich selbst der Gattung nach, da die Individuen die Art fortpflanzen; es erzeugt sich ferner als Individuum, da es sich selbst seinen Körper als Organ bildet, und es erzeugt auch jeder Theil derselben sich selbst, indem die Theile sich reproduciren. Das organische Wesen ist also von sich Ursache und Wirkung. Darin herrscht nicht ein ein-

[1] Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft.

seitiger, sondern ein wechselseitiger Causalnexus, da, was in dieser Verbindung Wirkung ist, auch als Ursache wieder gesetzt werden muss. Die Causalverbindung in einem organischen Wesen ist daher eine Verbindung nach Endursachen, worin, was als Wirkung sich darstellt, selbst Ursache ist. Die Theile sind darin nur durch ihre Beziehung auf das Ganze möglich und jeder Theil hat nicht blos eine bewegende, sondern auch eine bildende und hervorbringende Kraft. Die Idee des Ganzen ist der Erklärungsgrund von der Form und der Verbindung aller Theile. Im Mechanismus aber haben die Theile nur eine bewegende und keine bildende Kraft und wird das Ganze als Wirkung der concurrirenden bewegenden Kräfte der Theile angesehen. Die Causalverbindung in einem Mechanismus ist auch nur eine einseitige und keine gegenseitige. Die organische Natur zeigt also eine andere Causalität, als im Mechanismus herrscht, und ist daher nicht mechanisch erklärbar. Diese Idee der Dinge als Naturzwecke ist aber doch für unser Erkennen nicht constitutiv, sondern nur eine Regel der Beurtheilung der Naturproducte. Denn die Zweckmässigkeit in der Natur ist keine absichtliche, sondern nur eine unabsichtliche und findet daher im eigentlichen Sinne nicht statt. Die Natur zeigt in der Bildung der organischen Wesen nur eine entfernte Analogie mit unserer Causalität nach Zwecken. Wir sehen die Dinge der organischen Natur nur so an, als ob sie aus Zweckursachen zu erklären seien, in Wahrheit aber existiren sie nicht so, da der Zweck in ihnen ohne Bewusstsein agirt. Kant will daher die Teleologie nur gelten lassen als eine Regel für die Beurtheilung, nicht aber als ein Princip zur Erklärung der organischen Natur. Wir beurtheilen gewisse Naturproducte nach dem Zusammenhang von Zwecken in Analogie mit menschlichen Kunstwerken, aber wir können sie nicht daraus erkennen. Alle wahre Naturerklärung sei mechanisch, daneben aber könnten die Naturerscheinungen doch auch nach der Regel der Teleologie beurtheilt werden. Die teleologische Erklärung der Natur ist immer nur eine analogische; die eigentliche Naturerklärung ist die mechanische, weil unser Verstand ein Ganzes nur aus der Composition der Theile begreift. Zu seiner eigenen Ergänzung denkt er sich aber einen Verstand in der organischen Natur nach Zwecken wirkend, der aber doch eine blosse Hypothese ist, welche für die Erklärung selbst nichts leistet [1].

§. 86. Schelling (1775—1854). Die Naturphilosophie.

Die Aufgabe der Naturphilosophie leitet Schelling ab aus dem Begriffe des Wissens, worin er mit Fichte das Princip der Philosophie findet. Alles Wissen beruht auf der Uebereinstimmung eines Objectiven mit einem Subjectiven. Der Inbegriff alles blos Objectiven in unserem Wissen sei die Natur, der Inbegriff alles Subjectiven dagegen das Ich oder die Intelligenz. Beide Begriffe sind sich entgegengesetzt. Die Intelligenz werde ursprünglich gedacht als das blos Vorstellende, die Natur als das blos Vorstellbare, jene als das Bewusste, diese als das Bewusstlose. Nun ist aber in jedem Wissen ein wechselseitiges Zusammentreffen beider nothwendig, welches Zusammentreffen zu erklären die Aufgabe der Philosophie ist. Dies kann jedoch in zweifacher Weise geschehen,

[1] Kritik der Urtheilskraft.

indem man entweder von dem Objectiven oder der Natur als dem Ersten ausgeht und dann zeigt, wie zur Natur die Intelligenz hinzukommt, welche sie vorstellt, oder indem man von dem Subjectiven oder dem Geiste als dem Prius ausgeht und dann nachweist, wie ein Object zur Vorstellung hinzukommt. Jenes ist die Aufgabe der Naturphilosophie, dieses die Aufgabe der Transcendentalphilosophie oder der Philosophie des Geistes [1].

Schelling will also durch die Naturphilosophie nachweisen die Uebereinstimmung von Natur und Intelligenz. Er findet zwischen beiden keinen feindlichen Gegensatz, sondern eine innere Harmonie. Die Natur ist nur der blinde Geist, eine unreife Intelligenz. Die bewusstlosen Naturproducte sind nur als misslungene Versuche der Natur anzusehen, zum Bewusstsein zu gelangen. Anfänglich wirkt die Intelligenz in der Natur blind und bewusstlos. Sie bringt nach den Gesetzen, wonach der Geist in sich eine Welt von Gedanken erzeugt, eine materielle Welt hervor. In der Natur sehen wir daher die Intelligenz objectiv geworden. Die Gesetze des Anschauens und Denkens haben in der Natur, bevor sie in uns ein Bewusstsein hervorbringen, eine materielle Welt producirt. Daher kommt es, dass alle Bildungen der Natur uns als intelligent erscheinen. Sie tragen schon bewusstlos den Charakter des Intelligenten an sich. Ihr höchstes Ziel erreicht die Natur aber erst, wenn sie sich selbst erkennt. Dies Ziel erreicht sie aber erst im Menschen oder in der Vernunft. Der Wille der Natur ist, Mensch oder Vernunft zu werden. Indem die Natur im Menschen ein Product hervorbringt, worin sie zum Bewusstsein ihrer selbst kommt, folgt daraus auch, dass die Natur an sich dasselbe ist, was wir in uns Intelligenz und Vernunft nennen. Die Natur ist nur der sichtbare Geist und der Geist die unsichtbare Natur. Schelling sieht die Natur als eine positive Voraussetzung und Bedingung für das Sein und das Werden des Geistes an. Sie ist die wahre Grundlage des geistigen und sittlichen Lebens. Intelligenz und Bewusstsein, Geist und Persönlichkeit, selbst Güte und Weisheit können ohne Natur nicht sein, sie können ohne eine Kraft und Stärke nicht gedacht werden. Daher nimmt Schelling selbst in Gott eine Natur an als Grund seiner Existenz, woraus erst der persönliche Gott hervorgeht. Die Naturphilosophie dient Schelling zur Begründung der Wahrheit unseres Erkennens, denn sie zeigt, dass den Gedanken, die, wie es scheint, nur in unserem Bewusstsein vorhanden sind, wahrhaft Realität und Objectivität in der Natur zukommt. Die subjectiven Wahrheiten des Denkens sind objective Wahrheiten in der Natur. Er hat damit die sogenannte Subjectivität des Wissens bei Kant und Fichte überwunden. Der erkennende Geist gehört selbst zur Natur, hat seine bestimmte Stelle in ihr und ist das Ziel, welches sie auf allen Stufen ihrer Entwicklung zu realisiren begriffen ist. Was in unserem Denken zum Bewusstsein kommt, ist daher auch nicht blos etwas Subjectives, das nur in uns vorhanden wäre, sondern das wahrhaft Objective und Reale in der Natur.

Die Naturphilosophie Schelling's soll eine Construction der Natur aus ihrem Begriffe sein. Er will darthun, wie die Natur ihren Zweck erreicht. In dieser

[1] System des transcendentalen Idealismus.

Construction geht er davon aus, dass die Natur, sofern sie **Grund** aller Erscheinungen ist, anzusehen sei als absolut productiv. So angesehen sei sie an sich unbedingt und werde sie als Subject aufgefasst. Daraus gehe die Natur als ein endliches Product und als Object erst hervor. Auf die Natur als absolute Productivität und als Subject an sich gehe alle Theorie, auf die Natur als endliches Product und Object aber alle Empirie. Jenes sei die *natura naturans*, dieses die *natura naturata*. Der Inbegriff aller Erscheinungen ist nicht blos eine Welt blosser Producte, sondern eine Natur, d. i. eine absolute Productivität.

Die unendliche Productivität der Natur kann sich vollkommen nur in einem unendlichen Producte darstellen. Ein solches ist in der Natur aber nirgends vorhanden. Das unendliche Product ist empirisch nur vorhanden als eine endlose Reihe von einzelnen Producten, die aus der absoluten Thätigkeit der Natur nur dadurch hervorgehen können, dass diese Thätigkeit gehemmt und retardirt wird. Ohne dass die Thätigkeit der Natur gehemmt wird, gelangt sie zu keinem Producte. Der Grund dieser Hemmung kann aber doch nur wieder in ihr selbst liegen. Alles in der Natur ist daher ein Ergebniss entgegengesetzter Thätigkeiten, der Expansion und Contraction, einer accellerirenden und retardirenden Kraft. Ohne diese Dualität der Principien giebt es keine Natur. Alle Materie ist ein Product entgegengesetzter Actionen, die den Raum erfüllen. Alle einzelnen Producte der Natur sind aber nur Scheinproducte, welche sie stets wieder auflöst, denn in der Reihe der einzelnen Producte will sie das absolute Product, das aber nie ist, sondern stets nur wird. Die ganze Natur ist ein immer werdendes Product, in jedem ihrer Producte liegt auch der Trieb einer unendlichen Entwicklung. Die Thätigkeit der Natur geht über jedes einzelne Product wieder hinaus. Die Natur, insofern sie ein Ganzes ist, fasst Schelling daher als an sich lebendig auf. Es ist in ihr ein allgemeines Leben, eine beständige Evolution.

Als das höchste Gesetz der Natur sieht Schelling an das Gesetz der Triplicität ihrer Actionen. Denn Alles in der Natur entstehe durch entgegengesetzte Thätigkeiten, welche durch eine dritte Action mit einander verbunden werden. Durch die Dreiheit der Actionen wird auch der Begriff der Materie als Raumerfüllung erklärt. Aus zwei einander entgegenwirkenden Thätigkeiten ergiebt sich kein endliches Product, weil ihre Wirkungen wechselseitig einander sich aufheben und ihr Product daher $= 0$ sein würde. Es muss daher, soll aus der expandirenden und retardirenden Thätigkeit der Natur die Materie hervorgehen, eine dritte Kraft zu jenen beiden hinzutreten, welche eine Verbindung derselben in verschiedenen Maassen und Verhältnissen bewirkt. Diese dritte Kraft nennt Schelling die Schwere, worunter er jedoch etwas anderes als eine blosse Kraft der Anziehung versteht. Die Materie ist gleich der Schwere, heisst, sie ist ein Product entgegengesetzter Actionen durch eine dritte sie verbindende Kraft Schelling erlaubt sich nur zu oft die Begriffe der Naturwissenschaften in einem völlig abweichenden Sinne zu gebrauchen.

Nach diesem Gesetze oder Schema der Identität in der Triplicität oder der Triplicität in der Identität entwickelt Schelling das System der Natur. Diese Dreiheit stellt sich in der Natur im Allgemeinen dar in der unorganischen,

der organischen und der kosmischen Natur. Die Natur, sofern sie ein blosses und endliches Product ist, ist die unorganische Natur, worin die Thätigkeit der Natur gehemmt ist. Die organische Natur ist ein producirendes Product, worin die Productivität der Natur fortdauert. Die organische Natur kann nicht ohne die unorganische bestehen, welche ihre negative Bedingung ist. Das Unorganische ist ein beständiger Reiz zur Thätigkeit für den Organismus. Es muss daher auch eine Kraft in der Natur geben, welche das Zusammenbestehen und die Uebereinstimmung der organischen und unorganischen Natur bewirkt. Dies ist die kosmische Natur, das Band der organischen und unorganischen.

In der unorganischen Natur stellt sich die Triplicität der Actionen dar in dem Magnetismus, der Elektricität und dem Chemismus. Schelling leitet diese drei unorganischen Kräfte ab aus den drei Dimensionen des Raumes, welche darin Actionen werden. Der Magnetismus ist die blos lineare Action, in ihm kommt die erste Dimension des Raumes zur Thätigkeit. Die Elektricität ist die Action von zwei Dimensionen, der Länge und Breite oder der Fläche, sie ist wesentlich eine Flächenkraft. Der Chemismus ist die Action aller drei Dimensionen des Raumes, weshalb er ein Process der Scheidung und der Verbindung der Stoffe ist zur gemeinschaftlichen Raumerfüllung. In der organischen Natur soll der linearen Action des Magnetismus die Sensibilität, der Elektricität die Irritabilität und dem Chemismus die Reproduction entsprechen. Diese Constructionen Schelling's, wodurch er sein System der Natur aufbauet, sind doch nur unzureichende Analogien. In der kosmischen Natur soll die gesagte Dreiheit sich darstellen in dem Licht, der Schwere und der accellerirenden und retardirenden Kraft der Natur. Alle Organisation in der Natur soll vom Lichte ausgehen. Das Lichtwesen in der Natur entspreche der Weltseele, dem verständigen Aether der Alten, welcher auf unbewusste Weise intelligent wirkt. Indem aber vom Lichte alle Organisation in der Natur beginne, folge daraus auch, dass alle Bildungen in der Natur auf die Erzeugung der Intelligenz zurückgehen. Dies erreicht die Natur aber erst, indem sie ein Product hervorbringt, worin das Ganze im Einzelnen existirt. Dieser Mikrokosmus der Natur, das Complement und die Krone des Ganzen, sei der Mensch. Schelling gründet also die Entstehung des Bewusstseins darauf, dass im Menschen das Ganze in einem einzelnen Producte sich darstellt. Weil Alles, was im Makrokosmus enthalten und wirksam ist, auch im Menschen ist, soll er dasselbe auch in seinem Bewusstsein in der Form von Gedanken und Vorstellungen wiedererzeugen können. Die Realität begründet die Identität, das Sein das Denken. Wer Alles ist, kann deshalb auch Alles erkennen. Die Natur gelangt zu ihrem Zwecke, der Erzeugung des Geistes, dadurch, dass ihre realen Thätigkeiten sich vollständig verwirklichen und in einem Punkte oder in einem Producte [1] sich concentriren.

Durch seine Naturphilosophie wollte Schelling zugleich aber doch auch noch mehr als eine Construction der Natur erreicht haben. Denn die Natur-

[1] Ideen zu einer Philosophie der Natur. Von der Weltseele. — Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie. — Einleitung zu dem Entwurf eines Systems der Naturphilosophie.

philosophie, wie die Geistesphilosophie sind nur zwei verschiedene Darstellungen derselben. Sie beweisen beide, nur von verschiedenen Seiten, die Einheit und die Uebereinstimmung von Natur und Geist. Diese höhere Einheit, die Identität von Sein und Wissen ist das Absolute. Natur und Geist sind daher nur zwei verschiedene Darstellungen und Offenbarungen Gottes. Er ist die absolute Identität aller Gegensätze, die Welt aber ist die Offenbarung und Differenzirung dessen, was in Gott eins ist. Die Gegensätze in der Welt sind aber nur quantitative Differenzen. Denn wenn alles dem Sein nach dasselbe, nämlich Gott ist, so können alle Dinge sich von einander unterscheiden nur durch die Stufe der Entwicklung, auf der sie Gott offenbaren. Jede bestimmte quantitative Differenz in dieser Entwicklung nannte Schelling eine Potenz. Gott offenbart sich als relativ Reales in der Natur und als relativ Ideales in der geistigen Welt. Könnten wir, meint Schelling, die Gesammtheit des Wirklichen im All erblicken, würden wir die reine Identität sehen, welche Gott ist, das Universum würden wir erkennen als ein vollkommen organisches Wesen und zugleich als ein absolutes Kunstwerk. Wir erkennen factisch aber nur Fragmente und Ausschnitte der Welt und daher erscheint sie uns in quantitativer Differenz. Im Universum selbst ist kein Entstehen und Vergehen, keine Geburt und kein Tod, Alles ist Eins und Alles ist zumal in Gott. Dass wir es aber nicht so erkennen, ist nur ein Mangel unseres Erkennens, da wir ausser dem göttlichen Centrum stehen und durch Reflexion und Denken, aber nicht durch unmittelbares Anschauen erkennen. Denn das Denken bringt Gegensätze hervor, die an sich keine sind. Alles Entstehen und Vergehen, wie alle Vielheit der Dinge ist nur ein Schein in unserem Denken, denn in Wahrheit ist nur Gott, die Identität aller Gegensätze [1]. Anfänglich fasste Schelling die Natur auf als die Entstehungsgeschichte des Geistes, der im Menschen zum Bewusstsein kommt. Dann aber, auf dem höheren Standpunkt der Identitätsphilosophie, ist die Natur eine Offenbarung und Entwicklungsgeschichte Gottes, worin er sich selbst erkennt. Die Natur ist selbst eine absolute Wahrheit, die völlig zu erkennen wir nur durch unser Denken verhindert werden. Allein hierbei bleibt etwas unerklärlich, nämlich, warum wir diese absolute Wahrheit doch nie erkennen, wie sie ist. In unserem Denken zeigt sie sich veränderlich, obgleich sie beständig ist, in unserem Denken tritt sie als eine Vielheit von einzelnen Wahrheiten der Natur auf, obgleich sie nur eine Einheit ist. Wenn auch im Universum Alles eins und in Harmonie ist, zwischen unserem Denken und der Wahrheit, welche Gott ist, ist doch eine Differenz, die sich nicht wegdemonstriren lässt. Schelling versuchte daher später noch eine andere Erklärung von der Natur zu geben. Er behauptet, dass die Natur, wie wir sie gegenwärtig erkennen, ein Abfall der Ideen von Gott sei, bewirkt durch eine willkürliche That des Geistes.

Ursprünglich, lehrt [2] Schelling nun, sei aus Gott hervorgegangen ein vollkommenes Universum. Zu der Vollkommenheit des göttlichen Geschöpfes

---

[1] Zeitschrift für speculative Physik. — Neue Zeitschrift für speculative Physik.
[2] Philosophische Schriften. Bd. 1. — Sämmtliche Werke. Die negative oder rein rationale Philosophie.

gehört auch die Wahlfreiheit, sich zum Guten oder zum Bösen zu entschliessen. Diese Vollkommenheit missbrauchte das Geschöpf, es entschied sich zum Bösen und fiel damit von Gott ab. Aus diesem Abfall entstand die gegenwärtige Natur. Nur durch einen solchen Abfall lasse sich die Entstehung der endlichen Welt erklären. Dass er stattgefunden, beweist die Wirklichkeit selbst, welche uns in der Natur vorliegt. Sie trägt noch jetzt deutlich die Spuren ihrer Abkunft in sich. Denn aus dem zuerst erschaffenen vollkommnen Universum hat die Natur auch gegenwärtig noch das Vollkommne in sich. Alle ihre Gebilde zeugen von Harmonie und Zweckmässigkeit. Aber andererseits liegen auch deutlich die Spuren des Abfalls in ihr vor. Denn es ist in ihr nicht alles Harmonie, sondern auch Störung und Disharmonie. Nicht Alles ist ein reines und kräftiges Leben, sondern auch Tod und Krankheit, Missgeburt und Regellosigkeit. Da die Natur beides zeigt, so beweist dies, dass sie aus einem Abfall der Ideen von Gott entstanden ist. Denn wie anders können wir uns in ihr diesen zwiespaltigen Charakter als durch den Abfall von dem vollkommnen Universum, das allein in Gott ist, erklären, wodurch Alles aus einander fiel, was ursprünglich geeint war, und nun in einem feindlichen Gegensatz mit einander steht. Alles ist dadurch von seiner wahren Stelle verrückt worden. Schelling beschreibt in seiner negativen Philosophie, wie dadurch aus dem intelligibeln Raum der sinnliche Raum, aus der metaphysischen die physische Materie, aus den Seelen, die in Gott waren, die Geister geworden sind, welche nichts anderes als selbst sein wollen. Für uns liegt aber in dieser Erklärung, dass die gegenwärtige Natur aus einem Abfall der Ideen von Gott entstanden, das Eingeständniss Schelling's, dass seine Naturphilosophie ihrer Aufgabe nicht gewachsen ist. Sie sollte die Natur aus ihrem Begriffe construiren. Indem sie nun aber sich genöthigt sieht, einen Abfall von Gott anzunehmen, liegt darin nichts weiter als das Eingeständniss, dass, ohne die Empirie zu Hülfe zu nehmen, jene überschwengliche. Aufgabe, die Schelling ursprünglich durch blosse Speculation gleichsam überwältigen wollte, nicht gelöst werden kann. Denn der Abfall in der Natur ist nichts weiter als die thatsächlich gegebene Natur, die, um erkannt zu werden, mehr als blosse Begriffe verlangt. Bei Schelling aber kommt die Empirie doch nicht zu der Wahrheit, die ihr gebührt. Denn jenen Abfall, der offenbar nur eine Thatsache sein kann, die auch nur geschichtlich in Erfahrung gebracht werden kann, will Schelling doch wieder als ewig nothwendig angesehen wissen, d. h. die Empirie soll durch blosse Begriffe ersetzt werden. Statt durch die Erfahrung sich führen zu lassen in der Erkenntniss der gegebenen Natur, lässt er Alles, was mit den Begriffen nicht coincidirt, aus einem nothwendigen Abfall der Ideen von Gott entstanden sein. Dem Zufälligen drückt er dadurch einen willkürlichen Stempel der Nothwendigkeit auf.

§ 87. Hegel's (1770—1831) Naturphilosophie.

Die Naturphilosophie hat Hegel nicht für sich, sondern nur als einen Theil seiner Encyklopädie der Philosophie behandelt [1]. Er steht hier auf dem

[1] Encyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse.

Standpunkt Schelling's in seiner Identitäts- und späteren Philosophie. Die Natur ist nach Hegel nicht das Erste und Anfängliche, sondern ein Zweites in der Entwicklung des Absoluten. Sie ist die absolute Idee in ihrem Anderssein. Zuerst existirt die Idee im göttlichen Denken, dann entäussert sie sich zur Natur und daraus entwickelt sich der Geist. Die Natur ist die Mitte in der Entwicklung des Absoluten. Die wahre Realität ist der absolute Geist, die Natur ist nur das Mittel seines Werdens aus seiner Anlage. Hegel, da er die Natur nur als ein Mittel ansieht, das für sich keinen Werth und Bedeutung hat, ist daher auch nicht frei von dem idealistischen Widerwillen der neueren Philosophie gegen die Natur. Er sieht sie nur als die Negation des Geistes an. Die Ideen der Vernunft, welche die Logik an sich betrachtet, existiren in der Natur in ihrem Anderssein, d. h. in der Materie realisirt. Hegel kennt nur eine äussere, materielle, körperliche Natur. Seine Naturphilosophie ist nur eine Exemplification seiner Logik. Die Naturphilosophie betrachtet nur, wie die logischen Begriffe und Ideen in der Materie exemplificirt enthalten sind. Er sucht daher das Physische zurückzuführen auf blosse Begriffe der Logik. Da die Natur die Ideen der Logik realisirt in der Materie enthält, so existiren sie da in einer unangemessenen Form. Adäquat existiren sie im Bewusstsein, in unangemessener Weise bewusstlos in der Materie. Die Natur sieht Hegel daher auch an als den Abfall der Ideen von sich selber. Sie ist der Widerspruch der Idee mit sich selber. Daraus entspringt es, dass die Natur auf der einen Seite durch den Begriff erzeugte Nothwendigkeit ihrer Gebilde und auf der anderen Seite deren gleichgültige Zufälligkeit und unbestimmbare Regellosigkeit zeigt. Die Natur kann den in ihr bewusstlos und blind wirkenden Begriff nicht festhalten, worin ihre Ohnmacht besteht, und erzeugt daher neben dem Nothwendigen das Zufällige. Die Natur trägt daher bei Hegel einen phantastischen Charakter, sie ist ein Gemisch strenger Nothwendigkeit und zügelloser Willkür und Zufälligkeit. Die absolute Identität des Denkens mit dem Sein, welche Hegel lehrt, erlaubt ihm nicht, den Zufall für einen blossen Mangel unseres Erkennens anzusehen, sondern nöthigt ihn, den Zufall selbst als eine objective Ursache zu betrachten.

Auch bei Hegel hat die Naturphilosophie die Aufgabe, zu zeigen, wie aus der Natur der Geist entsteht. Die Natur ist ein lebendiges Ganze, aus dessen Entwicklung die Existenz des Geistes resultirt. Mit den drei Stufen dieser Entwicklung der Natur zum Geiste beschäftigen sich die drei Theile der Naturphilosophie, die Mechanik, die Physik und die Organik. Hierin weicht Hegel von Schelling ab. Er betrachtet die kosmische Natur nicht als die höhere Einheit der unorganischen und der organischen Natur, sondern nur als ihre erste und anfängliche Grundlage. Hegel vertheidigt in der Mechanik die Singularität der Welt. Er will durch eine dialektische Construction nachweisen, dass nur auf der Erde Leben, Bewusstsein und Vernunft hervortreten können, worin ihre Vorzüglichkeit und Einzigkeit besteht. Er sieht das Weltgebäude nach seinem dialektischen Schema gebauet an. Die Sonne ist im Weltsystem der abstract-allgemeine Körper, das Centrum, der blos centrale Körper; die lunarischen und kometarischen Körper sind blos peripherische Körper, sie sind

die abstracte Besonderheit; der Planet aber ist ihre Einheit, der concret-allgemeine Körper, da er theils um die Sonne gravitirt, theils selbst Gravitationscentrum ist für seine Trabanten. Unter allen Planeten aber hat die Erde eine mittlere Stellung und sei daher der Planet schlechthin. Darin findet Hegel den Grund ihrer Vorzüglichkeit und Einzigkeit, weshalb auf der Erde Leben, Bewusstsein, Vernunft hervortritt. Die uns durch die Erfahrung bekannte Natur der Erde soll als die allein mögliche durch diese Construction erhärtet werden. Die uns bekannte Natur wird darin angesehen als alle Natur, wodurch die Schranke unserer empirischen Erkenntniss als eine Beschränkung der Natur an sich deducirt wird. In den einzelnen Constructionen seiner Mechanik und Physik folgt Hegel im Wesentlichen Schelling.

Den Uebergang von der Natur zum Geiste lässt Hegel vermittelt sein durch den Gattungsprocess. Er unterscheidet einen dreifachen Organismus, nämlich ausser dem vegetabilischen und animalischen den bereits erstorbenen Organismus der Erde, dessen Bildungsprocesse vergangen sind. Das Leben beginnt erst in der vegetabilischen Natur. Doch zerfällt hier das Individuum noch in Glieder, welche selbst wieder Individuen sind. Eine wahrhaft in sich abgeschlossene Gestalt erreicht die Natur erst im Thiere, worin die einzelnen Glieder selbst wieder als Momente des Ganzen existiren. Das Höchste, wozu es die Natur innerhalb ihr selbst bringt, ist der Gattungsprocess der getrennten Geschlechter. Darin erstrebt die Natur, was sie jedoch erst im Geiste erreicht, nämlich eine Einheit des Allgemeinen, der Gattung, mit dem Besonderen, den Individuen. Dies scheint die Natur durch den Gattungsprocess zu gewinnen, indem das Product desselben aus der Verbindung der geschlechtlichen Individuen hervorgeht. Allein die erzeugten Individuen sind selbst wieder geschlechtlich bestimmt und die Natur erreicht daher ihr Ziel, die Einheit des Allgemeinen mit dem Besonderen, nicht. In der Natur sind die Individuen vielmehr der Gattung stets unangemessen, worin für das Individuum der Keim der Krankheit und des Todes liegt. Das Individuum muss sterben, damit aus der Natur der Geist entsteht, denn erst im Geiste ist das Concret-Allgemeine, die Verbindung des Allgemeinen mit dem Besonderen, vorhanden, da die Erzeugnisse des Geistes, seine Gedanken, etwas Besonderes, zugleich aber das Allgemeine sind, was durch sie vorgestellt wird. Die Wahrheit und der Zweck der Natur ist daher der Geist, sie ist nur der Weg seines Werdens. Das Absolute, welches in der Natur sich entäussert, um wahrhaft als Geist zu existiren, erreicht seinen Zweck nur auf der Erde und nur im Menschen. Das Absolute wird sich seiner nur im menschlichen Geiste bewusst. „Diese Zusammenziehung des Gesichtskreises ist erst bei Hegel völlig zum Durchbruch gekommen.“ Die Construction der Natur aus ihrem Endzwecke im Menschen verwechselt stets das empirisch Erkennbare mit den allgemein nothwendigen Begriffen des Denkens [1]. Aus der absoluten Höhe der Construction aus Begriffen verfällt sie in einen rohen Empirismus, der seine Erfahrung, die er zufällig macht, als Maassstab aller erkennbaren Wahrheit verwendet.

---

[1] Vergl. Harms: Der Anthropologismus in der Entwicklung der Philosophie seit Kant.

§. 88. Herbart (1776—1841). Die Naturphilosophie des metaphysischen Realismus.

Die Grundlage der Naturphilosophie ist nach Herbart die Metaphysik [1]. Die Naturphilosophie enthält nur eine Anwendung der metaphysischen Begriffe auf den besonderen Inhalt der Erfahrung. Herbart's Metaphysik ist eine Atomen- oder Monadenlehre eigenthümlicher Art. Sie nimmt eine ursprüngliche Vielheit einfacher, für sich bestehender, Wesen an, welche den Erscheinungen zu Grunde liegen und woraus sie zu erklären sind. Diese einfachen Wesen sind Atome ohne körperliche Ausdehnung, Monaden ohne geistige Kräfte. Beides glaubt Herbart von den einfachen Wesen, die er annimmt, negiren zu müssen. Er will vielmehr zeigen, wie aus den an sich ausdehnungslosen Atomen die Materie, und wie aus einer an sich vorstellungslosen einfachen Substanz oder Monade eine vorstellende Kraft entsteht. Materie und Kraft ist nichts Ursprüngliches, sondern nur etwas Secundäres. Sie sind nur Erscheinungsarten der einfachen Wesen.

Die Annahme einer ursprünglichen Vielheit einfacher, für sich bestehender Wesen ist durch den vielfachen Schein, der in unserem Denken gegeben ist, inducirt. Denn der Schein ist für sich undenkbar, er weist auf ein Sein hin, das ihm zu Grunde liegt. Wenn nichts ist, kann auch nichts scheinen. Wieviel Schein, soviel Hindeutung auf ein Sein. Das Sein aber, welches dem Scheine zu Grunde liegt, ist die absolute Position des Gedachten. Herbart denkt es als ein unbedingtes Sein. Dass das Sein unbedingt, die absolute Position ist, scheint ihm im Begriffe des Seins selbst zu liegen. Das Sein aber ist nicht ohne eine Qualität, welche ist. Die Qualität des Seins kann nur positiv sein, weil jede Negation dem Sein widerspricht; sie kann nur einfach sein, weil ein Mannigfaltiges nicht ohne Negation gedacht werden kann; sie ist ohne alle Grössenbestimmung, weil das Sein sich nicht vermehren oder vermindern lässt; und endlich muss sie ohne allen innern Wechsel sein, welcher ohne eine Negation, die dem Sein widerspricht, nicht möglich ist. Dem Schein zu Grunde liegt daher ein unbedingtes Sein von einfacher Qualität. Da es in unserem Denken aber einen vielfachen Schein giebt, so muss es auch eine ursprüngliche Vielheit einfacher Wesen geben, deren jedes eine Existenz für sich hat und schlechthin ist, was es ist. Ohne eine Vielheit des Seienden ist der Schein in unserem Denken unbegreiflich. Diese Annahmen Herbart's gründen sich theils auf den gegebenen Schein, der eine Erklärung fordert, theils auf den Begriff des Seins, wovon Herbart in seiner Metaphysik ausgeht.

Mit dieser Voraussetzung über das Seiende, welches dem Schein zu Grunde liegt, stehen aber in Widerspruch die Begriffe unserer Erfahrung. Denn sie zeigt uns Dinge mit vielen Eigenschaften, während die Metaphysik ein Seiendes einfacher Qualität fordert. Daraus entspringt das Problem, zu erklären, wie uns als ein Vieles erscheinen könne, was an sich nur ein Einfaches ist. Die

[1] Allgemeine Metaphysik nebst den Anfängen der philosophischen Naturlehre. — Lehrbuch zur Einleitung in die Philosophie. — Hauptpunkte der Metaphysik. — Theoriae de attractione elementorum principia metaphysica. — J. F. Herbart's sämmtliche Werke B. I. Ueber die verschiedenen Hauptansichten der Naturphilosophie und Ueber die allgemeinsten Verhältnisse der Natur.

Erfahrung kennt ferner nur veränderliche Dinge, ein Seiendes einfacher Qualität, aber, was die Metaphysik meint, kann sich nicht verändern. Die Metaphysik muss daher zeigen, wie der veränderliche Schein entspringen kann aus an sich unveränderlichen einfachen Wesen. Die Erfahrung zeigt uns ferner materielle ausgedehnte Dinge, die theilbar und nicht einfach sind. Daraus entspringt für die Metaphysik das Problem, zu erklären, wie das Einfache, welches keine Ausdehnung hat, uns doch ausgedehnt erscheinen kann. Die innere Erfahrung endlich zeigt ein Ich, das sich selber vorstellt und daher zugleich Subject und Object seines Denkens ist. Darin scheint eine Verdoppelung desselben Wesens zu liegen, und für die Metaphysik mithin das Problem, zu erklären, wie ein einfaches Wesen duplex erscheinen kann. Herbart nennt diese Probleme seiner Metaphysik Widersprüche in unseren Erfahrungsbegriffen, weil darin eins zugleich als Vieles, beharrliches Sein zugleich als veränderliches, gesondertes Fürsichsein zugleich als ein continuirliches und ein einfaches Seiendes zugleich als ein duplexes gedacht werde. Diese angeblichen Widersprüche unserer Erfahrungsbegriffe nach Herbart sind aber nur ein Widerspruch unserer Erfahrung mit der metaphysischen Voraussetzung Herbart's über die Erfahrung.

Für die Lösung dieser Probleme oder Widersprüche und mithin zur Erklärung der gegebenen Erscheinungen macht Herbart die Annahme, dass die einfachen, für sich bestehenden Wesen zusammen sind oder zusammen kommen. Das Zusammen der einfachen Wesen ist das Mittel zur Erklärung der genannten Widersprüche. Denn unmittelbar aus der blossen Vielheit der an sich relationslosen einfachen Wesen lässt sich der Schein in unserer Erfahrung nicht erklären und lassen sich die angegebenen Widersprüche nicht lösen. An sich ist den einfachen Wesen aber ihr Zusammensein zufällig, es wird nur gedacht und angenommen zum Behufe der Lösung der Widersprüche in unseren Erfahrungsbegriffen. Wenn wir nun annehmen, dass mehrere solche einfache Wesen zusammen sind oder zusammen kommen, so wird jedes seine Qualität an dem anderen geltend machen, wodurch dasselbe in seiner eigenen Qualität gestört wird. Gegen diese Störung aber wird es einen Widerstand setzen und sich in seiner eigenen Qualität erhalten. Durch das Zusammen der einfachen Wesen tritt also Störung und in Folge davon Selbsterhaltung ein. Das Zusammen der einfachen Wesen ist ein causales Verhältniss, in dem sie wechselseitig in ihren Qualitäten sich stören und selbsterhalten. Aus dem Zusammensein der einfachen Wesen entspringt eine Vielheit von Relationen unter ihnen und eine Vielheit von Störungen und Selbsterhaltungen. Diese vielfachen Relationen, worin das einfache Wesen durch das Zusammensein mit anderen tritt, stellen sich uns empirisch als die vielen Eigenschaften der Dinge dar. Die uns bekannten Eigenschaften der Dinge sind nur Relationen der einfachen Wesen zu einander und die Dinge der Erfahrung selbst nur ein Inbegriff solcher Relationen. Keine dieser Eigenschaften kommt den Dingen an sich zu, sondern nur unter Umständen und im Verhältnisse zu anderen. Die eine uns unbekannte Qualität des Seienden, indem sie gegen mehrfache Störungen aus dem Zusammensein sich selbst erhält, erscheint uns als eine Vielheit von Eigenschaften. Was

daher an sich nur eins ist, erscheint uns durch das Mittel des Zusammenseins als ein Vieles.

Auch die Veränderung, welche wir an den Dingen der Erfahrung wahrnehmen, ergiebt sich aus dem zufälligen Zusammensein der einfachen Wesen. Denn, indem ein Wechsel in dem Zusammensein und den Relationen der einfachen Wesen eintritt, erscheint dies zugleich als eine Veränderung der Dinge, welche dadurch andere Merkmale oder Eigenschaften bekommen und verlieren. Die einfachen Wesen selbst aber verändern sich dadurch nicht, indem jedes sich nur gegen die Störungen in seiner einfachen Qualität selbst erhält. Das einfache Wesen bleibt dasselbe, nur seine Relationen werden andere. Nicht sie selbst, sondern nur ihre Beziehungen verändern sich. Hierauf stützt sich auch HERBART's Polemik gegen die Annahme von Kräften, welche den Dingen an sich zukommen sollen. Kräfte sollen aber den einfachen Wesen nicht an sich und bleibend zukommen, sondern nur unter Umständen und vorübergehend. Nur unter den Umständen der wechselnden Relationen in dem zufälligen Zusammensein der einfachen Wesen erscheinen sie uns als mit Kräften begabt und sich verändernd, während doch an sich jedes Wesen nur seine einfache Qualität hat, in der es sich gegen alle Störungen behauptet. Die Kräfte und die Veränderungen sind nur eine Folge aus dem Wechsel in dem Zusammensein, den Störungen und Selbsterhaltungen der einfachen Wesen. Die Veränderungen der Dinge sind nicht aus Kräften, sondern die Kräfte wie die Veränderungen sollen zugleich aus dem zufälligen Zusammen- und Nichtzusammensein der einfachen Wesen sich erklären lassen. Denn nur durch den Wechsel des Zusammenseins stellt sich das Verhältniss von Kraft und Veränderung dar, welches ohne dies den einfachen Wesen in ihrem Fürsichbestehen nicht zukommt. Jedes einzelne einfache Wesen kann sich nach dem verschiedenen zufälligen Zusammensein mit anderen Wesen auf unendlich vielerlei Art als Kraft äussern, es hat aber gar keine Kraft, sondern nur eine einfache Qualität, welche, durch das Zusammen mehrfach gestört, sich selbst erhält gegen jede Störung.

Die einfachen Wesen, welche HERBART annimmt, existiren ohne ein äusseres Verhältniss zu einander, sie existiren nicht im Raume und besitzen keine körperliche Ausdehnung. Da sie uns aber empirisch so erscheinen, so muss die Metaphysik erklären, wie aus den an sich raum- und körperlosen Atomen die Erscheinung der Materie entsteht. Nach ihrer Erklärung würden wir nicht fragen, wenn sie uns nicht empirisch gegeben wäre. Dann würden nur die einfachen Wesen ein jedes für sich ungestört in seiner Qualität oder im Zusammen existiren, sich in ihren Qualitäten stören und selbst erhalten und dem Zuschauer die Erscheinungen von Dingen mit vielen Eigenschaften und durch den Wechsel des Zusammen von Veränderungen und Kräften darbieten. Da die Materie aber ausserdem noch ein Gegebenes ist, so muss auch ihre Erscheinung aus dem Zusammen der einfachen Wesen hervorgehen. Die Veränderung, da sie auf einem Wechsel des Zusammenseins beruht, beweist, dass die einfachen Wesen zusammen und auch nicht zusammen sind. Um dies denken zu können, wird nothwendig ein intelligibler Raum, worin das Kommen und Gehen stattfindet, hinzugedacht. Er ist das blosse Bild von dem Seienden in unseren

Vorstellungen, das aber doch zur Erklärung von der verschiedenen Lage der einfachen Wesen in ihrem Zusammen und Nichtzusammen nothwendig gedacht wird. Alle Raumverhältnisse, worin die Dinge sich darstellen, beruhen blos auf dem Zusammentreffen ihrer Bilder in der sie abspiegelnden Intelligenz. Die Raumverhältnisse sind ein objectiver Schein, der in dem Denken entsteht, welches das Zusammen und Nichtzusammen der einfachen Wesen auffasst. Die einfachen Wesen erscheinen uns daher räumlich, obgleich sie es nicht sind, indem wir im Denken ihr Zusammen und Nichtzusammen auffassen.

Die Entstehung der Erscheinung der Materie setzt aber noch andere Bedingungen voraus. Sie lässt sich nur aus einem unvollkommenen Zusammensein von einer Anzahl, mindestens von drei einfachen Wesen erklären. Wenn wir nur zwei solche Wesen im Zusammensein denken, so würden diese sich völlig durchdringen und daraus würde ebenso wenig, wie aus einem einzigen einfachen Wesen, die Erscheinung der Materie hervorgehen. Wenn aber zu jenen beiden ein drittes Wesen entgegengesetzter Qualität hinzutritt, so wird es jene beiden an ihrer völligen Durchdringung hindern. Diese Elemente befinden sich nun im Streben nach Durchdringung, was dem Zuschauer als Attraction erscheint; diese aber, durch das dritte Wesen verhindert, kommt nicht ganz zu Stande, was uns als Repulsion erscheint. Das Erste ist also die Attraction der Elemente, die in einander eindringen, und das Zweite ihre Repulsion, die Verhinderung der völligen Durchdringung. Aus dem Gleichgewichte von Attraction und Repulsion der Elemente der einfachen Wesen entsteht die starre Materie. Die sämmtlichen Elemente, die im unvollkommenen Zusammen sind, gleichen nun vielen mathematischen Punkten, die nicht ganz in einander und nicht ganz ausser einander sind, und geben uns daher die Erscheinung der Materie. Ihr Wesen liegt weder in der Ausdehnung, noch in Kräften der Anziehung und Abstossung, sondern in dem unvollkommenen Zusammen der einfachen Wesen, welche sich in ihren Qualitäten stören und im Streben nach Selbsterhaltung begriffen bleiben. Attraction, Repulsion und Ausdehnung sind davon nur Erscheinungen für einen Zuschauer. Die äusseren materiellen Zustände sind eine Erscheinung der inneren Zustände der Selbsterhaltungen und Störungen in den einfachen Wesen. Diese, da sie die Materie bilden, durchdringen sich nicht ganz, indem sie an der völligen Durchdringung durch andere Wesen gehindert werden. Die Materie ist also eine theilweise Durchdringung immaterieller Elemente. Der Begriff einer theilweisen Durchdringung ist freilich ein Widerspruch, da die einfachen Wesen keine Theile haben, er beruht aber auf einer nothwendigen Fiction zur Erklärung der gegebenen Erscheinung der Materie. Wie man mathematische Punkte als theilbar, ebenso könne man für die Betrachtung einfache Wesen in einer theilweisen Durchdringung, in einem unvollkommenen Zusammen setzen. Der Widerspruch treffe nicht die Wesen selbst, die einfach sind und bleiben, sondern liege nur in unserer Betrachtung, worin er nicht zu vermeiden sei. Er sei zulässig, weil er nicht das wahrhaft Seiende trifft, sondern nur in unserem zusammenfassenden Denken liegt. Herbart gleicht hierin seinem Lehrer Fichte, der auch die Widersprüche, welche sich nicht wollten lösen lassen, für unvermeidlich erklärt. Unvermeidliche Widersprüche sind freilich

hinterher nicht zu lösen, wenn man nicht vorher die Principien revidirt, um derenwillen sie im Denken entstehen.

Aus der Construction der starren Materie ergiebt sich, dass sie nicht schlechthin, sondern nur relativ undurchdringlich ist. Die Materie, welche aus dem unvollkommenen Zusammen gewisser Elemente sich gebildet hat, ist für eine andere insofern undurchdringlich, als diese aus irgend einem Grunde die inneren Zustände, worin die Elemente sich befinden, nicht abändern kann. Durchdringlich aber ist die Materie durch eine andere, welche die inneren Zustände ihrer Elemente verändern oder überwinden kann. Im chemischen Processe findet eine Durchdringung der Elemente, eine Bildung neuer Arten von Materien statt. Auf der starren Materie beruhen die Erscheinungen der Cohäsion, der Elasticität, der Krystallisation.

Die Naturerscheinungen lassen sich aber ins Gesammt nicht auf die starre Materie, die aus einem Gleichgewicht von Attraction und Repulsion entsteht, zurückführen. Die scheinbaren Wirkungen in die Ferne, die flüssigen Körper, die Imponderabilien setzen für ihre Erklärung eine „dünne" (continuirliche?) Materie voraus. Die Verschiedenheiten der Materie beruhen überhaupt auf den Gegensätzen ihrer Elemente, woraus vier Klassen oder Fälle sich ergeben, nämlich starker und gleicher, oder doch nahe gleicher; starker, aber sehr ungleicher; schwacher und nahe gleicher; und schwacher und sehr ungleicher Gegensatz. Auf dem ersten Fall der Gegensätze unter den Elementen beruht die starre Materie; auf den anderen drei Fällen die Imponderabilien Caloricum, Electricum und Aether und die Erscheinungen, welche durch sie in der starren Materie bedingt sind, wie die Zustände der Flüssigkeiten, der scheinbaren Wirkungen in die Ferne, der Schwere und des Lichts. Der Wärmestoff besteht aus Elementen von äusserst ungleichem Gegensatze gegen die anderen; dergestalt, dass viele Hunderte oder Tausende derselben nöthig sind, um in einem einzigen von den anderen eine vollständige Störung und Selbsterhaltung möglich zu machen. Diese Hunderte und Tausende aber, indem sie den Gegensatz gegen jenes Eine auf einander gegenseitig übertragen, sind dadurch in den Fall gesetzt, dass in jedem derselben eine weit stärkere Selbsterhaltung entstehen soll, als sie deren fähig sind. Für sie ergiebt sich daraus die Nothwendigkeit, einander zu fliehen, damit ihre äussere Lage wiederum ihrem inneren Zustande entsprechen kann. Hierin liege der wahre Grund der Expansivkraft, der Repulsion des Wärmestoffes. Daraus erkläre sich die specifische Wärme der Körper, welche abhängt von dem Gegensatze, der zwischen dem Wärmestoff und den Elementen des Körpers sich befindet. Ist dieser Gegensatz sehr stark und zugleich sehr ungleich, so werde in den Wärmestoff viel Repulsion gebracht, sonst weniger. Darauf beruhen auch die Erscheinungen der Flüssigkeiten. Denn an sich ist die Materie aus dem Gleichgewicht von Attraction und Repulsion starr, ihre verschiedenen flüssigen Zustände sind durch die dünne Materie des Wärmestoffes bedingt, welche eine verschiedene Lösung der Elemente des starren Körpers bewirkt. Auch die elektrischen Erscheinungen an den Körpern involviren zu ihrer Erklärung eine dünne Materie, welche auf einem schwachen und nahe gleichen Gegensatze zu den Elementen der Materie beruht. Wenn

zwei ungleichartige Flächen sich gegenseitig in Selbsterhaltung versetzen, geräth die dünne Materie auch in solche Zustände, welche von dem Gegensatze der Flächen abhängen. Die Erscheinungen der Schwere, da keine Wirkung in die Ferne statthaft sei, beruhen gleichfalls auf einer dünnen Materie, dem Aether. Der Aether geräth durch den Wechsel der Attraction, die er gegen die Masse der Weltkörper in allen Elementen derselben ausübt, und der Repulsion, in welche ihn sein eignes Zusammentreffen in diesen Elementen versetzt, in eine oscillirende Bewegung, die sich bis in unermessliche Entfernungen verbreitet. Jeder Körper, meint HERBART, dürfe man vermuthen, veranlasse den Aether zu einem besonderen System von Schwingungen. Aber mehrere Körper zusammengenommen veranlassen in weiterer Ferne mehr und mehr ein solches System von Schwingungen, als ob dasselbe von ihrem gemeinschaftlichen Schwerpunkt ausginge. Daher treibe die Rückwirkung des schwingenden Aethers sie wirklich gegen ihren Schwerpunkt hin, und je näher sie demselben kommen, desto vollkommener passen die Schwingungen zu ihrer Lage. Zwischen dem Licht und der Schwere aber, meint HERBART, bestehe insofern ein Zusammenhang, als beide auf einem schwachen und sehr ungleichen Gegensatze gegen alle Elemente der Materie beruhen. Wie die Schwere eine höchst schwache Kraft ist, wenn sie nicht durch die ganze Masse eines Weltkörpers multiplicirt wird, so ist dies auch das Licht, welches ohne die Reizbarkeit unserer Augen und die der Vegetabilien nur wenig bemerkbar sein würde. Daher möchte auch wohl der Aether durch Bewegungen in Masse die Phänomene der Gravitation, — hingegen durch gesonderte Strahlung, wobei er in mehreren Fällen sein chemisches Verhältniss zur Materie verrathen könne, die Phänomene des Lichts herbeibringen. Die vitalen Naturerscheinungen gehen hervor aus einer Verbindung von Elementen gleichartiger Qualitäten, die aber in verschiedenen inneren Zuständen aus früheren Verbindungen sich befinden. Wenn dies der Fall ist, so stören sie sich durch ihre ungleichartigen Zustände und es entsteht in ihren Selbsterhaltungen ein Streben, sich ins Gleichgewicht zu setzen. Da die verschiedenen inneren Zustände aber fortdauern, so tritt dasselbe nicht ein und die Elemente werden zu neuen Selbsterhaltungen erregt, woraus auch eine verschiedene Lage derselben beständig hervorgeht. Alle Erscheinungen der Natur gehen daher aus den verschiedenen Gegensätzen unter den Elementen der Materie hervor. Die äusseren Erscheinungen sind eine Folge von den inneren Zuständen der einfachen Wesen.

HERBART's Lehre ist consequenter als die Atomistik der Corpuscularphilosophie und als die Monadologie von LEIBNIZ. Die einfachen Wesen HERBART's sind an sich ohne Ausdehnung, weil die Ausdehnung dem Begriffe des Einfachen widerspricht. Sie besitzen auch an sich keine Kräfte, weil das Einfache unveränderlich ist und daher das Prädicat der Kraft ausschliesst. Auch darin ist HERBART consequenter als LEIBNIZ, dass er gar keine ursprüngliche Harmonie (Zusammen) unter den einfachen Wesen annimmt, da jegliche ursprüngliche Gemeinschaft ihre Einfachheit lädirt, sie würden dann nicht jedes unbedingt sein. Für die Erklärung der Naturerscheinungen reicht aber doch das unbedingte Sein einer ursprünglichen Vielheit einfacher Wesen nicht aus.

Dazu ist ausserdem noch zweierlei erforderlich, nämlich erstens die Setzung und die Aufhebung ihres Zusammens, ihrer Gemeinschaft und Verbindung und zweitens ein Zuschauer. Durch die Setzung und Aufhebung der Gemeinschaft sind Störungen und Selbsterhaltungen, innere Zustände in den einfachen Wesen bedingt und durch den Zuschauer alle Erscheinungen von Eigenschaften und Kräften der Dinge, von Raum und Zeit, Bewegung und Materie. Die Principien der Atomistik und Monadologie liegen nicht blos in den Atomen und Monaden, sondern ausserdem noch in der Setzung und Aufhebung ihrer Verbindung und dem Dasein eines Zuschauers. Das ist nicht blos bei Herbart, sondern ebenso der Fall in der älteren Atomistik der Corpuscularphilosophie, wie in der Monadologie. Ob nun die Atomenlehre ein durchführbares System der Wahrheit ist, hängt davon ab, wie mit dem einen Princip, das sie als ein solches bekennt, auch die anderen beiden Principien, die ihr als solche in einem zweifelhaften Lichte erscheinen, verbindbar sind. Durch den Zuschauer, ohne den die Erscheinungen aus der Setzung und Aufhebung des Zusammens der einfachen Wesen nicht entstehen, erhalten diese eine nothwendige Beziehung auf eine Intelligenz, welche den einfachen Wesen, von denen jedes schlechthin für sich bestehen soll, doch zugleich zufällig sein soll. Wie diese Beziehung den Atomen, welche Qualitäten sie auch besitzen mögen, zugleich nothwendig und zugleich zufällig ist, ebenso ist auch die Setzung und die Aufhebung ihrer Verbindung und Gemeinschaft zugleich nothwendig und zufällig. Ohne die Setzung ihrer Gemeinschaft entstehen keine Störungen und Selbsterhaltung, keine Aggregationen zu Körpern, überall nichts, wovon die Erfahrung uns Kunde giebt. Diese Setzung ist daher ebenso nothwendig, wie die Annahme der Atome zur Erklärung der gegebenen Erscheinungen. Allein zugleich soll sie den Atomen zufällig sein, weil sie ihr unbedingtes Sein und Fürsichsein lädirt, da, wenn die Gemeinschaft ebenso ursprünglich und nothwendig wäre wie die einfachen Wesen, sie zugleich gedacht werden müssten als an einer Gemeinschaft participirend. Sie wären dann nicht blos einfache (Atome), sondern zugleich in einer Gemeinschaft stehende Wesen. Diese Widersprüche der nothwendigen und zugleich zufälligen Beziehung auf eine Intelligenz, der nothwendigen und zugleich zufälligen Setzung und Aufhebung des Zusammens der einfachen Wesen, welche bisher keine Atomistik vermieden hat, hat auch Herbart nicht gelöst. Ob das Zusammen der Atome und ihre Beziehung auf eine Intelligenz wirklich stattfindet, oder ob wir es bloss fingiren, dies bleibt hier stets in Zweifel, ein Zweifel, der überdies die Intention hat, seinen Widerspruch für objective Wahrheit zu halten. Die Wahrheit aber würde dann mit sich selbst in Uebereinstimmung und mit sich selbst im unvermeidlichen Widerspruch stehen, da der reale und ideale Zusammenhang der einfachen Wesen angesehen werden kann als stattfindend und als nicht stattfindend. Der Mangel der Atomistik besteht nicht in der Annahme von Atomen, sondern in der willkürlichen Setzung und Aufhebung ihres Zusammenhanges.

B. Die Grundbegriffe der Naturwissenschaften.

§. 89. Die Naturphilosophie ist die Wissenschaft von den Grundbegriffen der empirischen Naturerkenntniss.

Die Naturphilosophie ist eine Disciplin der Philosophie, sofern sie das Verfahren dieser Wissenschaft in ihren Erkenntnissen anwendet. Sie ist aber andererseits auch ein Theil der Naturwissenschaften. Denn die Naturwissenschaften zerfallen in empirische und philosophische. Gemeiniglich, wenn von Naturwissenschaft die Rede ist, versteht man darunter nur ihren empirischen Theil. Allein auch die Naturphilosophie gehört zur Naturwissenschaft. Denn eine vollständige Erkenntniss der Natur lässt sich ohne Philosophie allein auf dem Wege der Empirie nicht erreichen. Sucht die Naturwissenschaft daher ihr Object vollständig zu erkennen, so muss sie auch die Naturphilosophie als einen Zweig von sich anerkennen.

Wenn es neben den empirischen Wissenschaften noch eine zweite Art der Wissenschaft giebt, nämlich die Philosophie, so kann das seinen Grund nur darin haben, dass auf dem Wege der Empirie nicht Alles erkennbar ist. Es muss daher auch noch einen anderen Weg geben, worauf erkennbar wird, was in den empirischen Wissenschaften unerkannt bleibt. Die empirischen Wissenschaften nun sind Wissenschaften von besonderen Gegenständen der Erfahrung. Diese Gegenstände bilden ihre Voraussetzungen und der Begriff derselben ist ihr Grundbegriff, worunter sie Alles, was sie erkennen, subsumiren. Ihre Voraussetzungen können die empirischen Wissenschaften aber nicht rechtfertigen und ihre Grundbegriffe nicht erklären. Dies würde nur möglich sein, wenn sie über ihr besonderes Erfahrungsgebiet hinausgehen und ein Allgemeines finden, worin der Grund ihrer Voraussetzungen und die Erklärung ihrer Grundbegriffe gedacht wird. Um diess aber zu vollführen, müsste eine jede von ihnen aufhören, eine Wissenschaft von einem besonderen Gegenstande der Erfahrung zu sein. Diese Aufgabe überschreitet daher das Wesen und den Begriff einer empirischen Wissenschaft. Da die besonderen Wissenschaften der Empirie ihre Voraussetzungen nicht rechtfertigen und ihre Grundbegriffe nicht erklären können, so enthalten sie nothwendig ein Nichtwissen in sich von ihren Voraussetzungen und Grundbegriffen. In den empirischen Wissenschaften selbst liegt daher der Beweis, dass nicht Alles auf dem Wege der Empirie erkennbar ist. Sie vermögen um so weniger alles Wissen zu beschaffen, als sie nothwendig ein Nichtwissen in sich enthalten. Soll dieser Mangel nun aber nicht bestehen bleiben, sondern aufgehoben, das Nichtwissen ein Wissen werden, so fordern alle Erfahrungswissenschaften zu ihrer Ergänzung eine allgemeine Wissenschaft von den Grundbegriffen der empirischen Erkenntniss. Diese allgemeine Wissenschaft von den Grundbegriffen des Erkennens nennen wir die Philosophie. Alle einzelnen Wissenschaften fordern also zu ihrer Ergänzung eine Philosophie, welche die Aufgabe hat, ihre Grundbegriffe zu erklären. Wenn es daher Erfahrungswissenschaften giebt, so giebt es auch nothwendig Philosophie. Die empirische Wissenschaft schliesst die philosophische nicht aus, sondern fordert

sie zu ihrer Ergänzung. Die Philosophie aber findet in den empirischen Wissenschaften die Probleme gestellt, mit deren Lösung sie sich beschäftigt. Beide Arten der Wissenschaften gehören daher zusammen, eine vollständige Erkenntniss ist nur durch ihre Verbindung zu gewinnen. Die eine Art der Wissenschaft genügt nicht und kann die andere nicht ersetzen.

Soll die Philosophie die Grundbegriffe des empirischen Erkennens rechtfertigen und erklären, so kann sie dies nur durch ihre Verbindung zu einem Systeme, denn einen Begriff erklären und begründen wir nur durch seine Verbindung mit anderen Begriffen. Da die Philosophie nun die Grundbegriffe des Erkennens nicht anders als durch ihre Verbindung zu einer Einheit erklären kann, so hat sie auch ihr Wesen in der Einheit und der Totalität des Erkennens. Sie ist daher nothwendig Eine Wissenschaft, während die Wissenschaften der Empirie nach der Verschiedenheit ihrer besonderen Gegenstände in eine Vielheit von Wissenschaften zerfallen. Diese Vielheit kann auch zusammen die eine Wissenschaft, welche die Philosophie ist, nicht ersetzen, da sie ihre Grundbegriffe nicht erklären und nicht rechtfertigen kann, sofern sie empirische Wissenschaften sind. Wenn die empirischen Wissenschaften die Wissenschaften von dem Einzelnen sind, so ist die Philosophie die Wissenschaft von dem Allgemeinen. Das Allgemeine aber ist der Inbegriff, das System aller Grundbegriffe des empirischen Erkennens, objective angesehen, das Universum, worin alles Einzelne mit einander zu einem Ganzen verbunden ist. Die Philosophie ist die Wissenschaft von dem Allgemeinen, was nicht wie das Einzelne gegeben ist, das aber nothwendig zu allem Gegebenen der Empirie hinzugedacht wird. Soll durch die Wissenschaften Alles erkannt werden, so müssen sowohl durch die empirischen Wissenschaften alle Gegenstände nach ihrer besonderen Natur, als auch durch die Philosophie ihre Bedeutung und ihr Wesen nach ihrer Stellung, die sie im Ganzen haben, erforscht und erkannt werden. Daher giebt es nothwendig zwei Arten der Wissenschaften, weil es besondere Dinge und weil es ein Ganzes giebt, worin sie mit einander in einer Einheit verbunden sind.

In dem Probleme, das der Philosophie zu lösen gestellt ist, liegt es auch, dass sie nicht ohne alle Erfahrung durch ein blosses Denken möglich ist. Auch die Philosophie kann nicht aus der blossen Form des Denkens einen Inhalt hervorzaubern. Da sie die Grundbegriffe des empirischen Erkennens zu erklären hat, so setzt sie die Empirie voraus und vermag auch nur in ihrer Anleitung und mit ihrer Hülfe sich auszubilden. Aber das methodische Denken ist für uns das nothwendige Mittel zur Erkenntniss der Wahrheit. Wir vermögen die Wahrheit nicht durch einen einzigen Gedanken, sondern nur durch eine Verbindung einer Mehrheit von Gedanken aufzufassen. Die Philosophie, welche durch eine intellectuelle Anschauung, eine mysteriöse Erfahrung, die Wahrheit in einem einzigen Gedanken meint erkannt zu haben und daher alle methodische Vermittelung des Denkens verwirft, gleicht einem Traume, dessen sich der Träumende, der ihn erlebte, kaum erinnern und den er in keiner menschlichen Sprache darstellen kann, weil alle Sprachen auf Vermittelungen des Denkens beruhen. Ihr Besitz involvirt die Unmöglichkeit, ihn zu einem allgemeinen

Gut der Wissenschaften zu machen. Die Möglichkeit einer solchen Philosophie wollen wir dahingestellt sein lassen, für die menschliche Wissenschaft bedeutet sie nicht mehr als eine nächtliche Vision, die das Licht des Tages nicht verträgt. Müde, wie es scheint, der Arbeit des Denkens, der sich die Philosophie bisher unterzog, treten diese Seher mit gleicher Geringschätzung der Empirie und der Speculation, die das übrige Menschengeschlecht betreibt, hervor und preisen als eine neue Wahrheit an, was im günstigsten Fall ihre persönliche und individuelle Erfahrung ist, die, wie jede andere, um Erkenntniss zu werden, der Vermittelungen des Denkens bedarf, über die sie sich jedoch erhaben dünken. Die Methoden des Denkens sind Mittel für den Zweck des Erkennens. Sie sind nicht Selbstzwecke. Am allerwenigsten aber ist eine blosse Manier, welche als Methode gelten soll, der Zweck des Denkens. Es ist das ein Vorurtheil gegen die Philosophie, dessen Entstehen sie selbst mit verschuldet hat, als sei eine gewisse Manier des Denkens, ein gewisses zwei-, drei- oder viergliedriges Schema, über alle Dinge als Netz geworfen, um die Wahrheit einzufangen, das Wesen und der Zweck des philosophischen Denkens. Solche Schemata sind freilich bequem, sie ersetzen das Denken, aber sie sind im besten Falle nur ein günstiges Vorurtheil für die Erkenntniss der Dinge und nichts mehr, denn ob eine Sache drei- oder viergliedrig, wie sie überhaupt beschaffen und gestaltet ist, das weiss der Gedanke nicht aus sich, sondern aus seinem Inhalte, an dem er seine Kraft des Unterscheidens und Verbindens versucht, um ihn zu durchdringen.

Durch ihr Problem, die Grundbegriffe des empirischen Erkennens zu erklären, gelangt die Philosophie zu dem Gedanken des Allgemeinen, das zu allem Gegebenen der Empirie nothwendig hinzugedacht wird, eines Ganzen, worin alles Einzelne mit einander zu einer Einheit verbunden ist. Das Ganze, worüber hinaus kein anderes Ganze mehr möglich ist, muss selber in sich vollendet und abgeschlossen sein, mag dies nun das Universum, Gott, oder auch eine Vielheit von Atomen, von Monaden oder von einfachen Wesen unbekannter Qualitäten sein, in ihrer Aufgabe liegt es doch, dass die Philosophie ein Absolutes setzt. Dasselbe aber hat sie freilich damit noch nicht erkannt, sie strebt vielmehr erst es zu erkennen. Erkennen aber kann sie es nur aus der Erklärung der Grundbegriffe von allen empirischen Wissenschaften. Aus ihrer systematischen Verbindung entsteht erst die Erkenntniss der einen absoluten Wahrheit, die sie sucht. Die Philosophie kann das Absolute nicht in einem Zuge, sondern nur von verschiedenen Anfangsgründen aus alle Grundbegriffe der empirischen Wissenschaften durchgehend erkennen. Darauf gründet sich auch die Eintheilung der Philosophie in Logik, Physik und Ethik. Sie würde gar keine Theile haben, wenn sie ohne die Grundbegriffe der Erfahrungswissenschaften das Absolute erkennen könnte. Ihre Disciplinen entspringen aus der Verschiedenheit der Grundbegriffe, welche sie erklären soll. Der erste Grundbegriff aller Wissenschaften ist der Begriff des Erkennens oder das Wissen, den die Logik untersucht. Alle Wissenschaften erkennen, wollen, wissen und fordern eine Erklärung von dem Begriffe des Erkennens, Denkens und Wissens, womit die Logik sich beschäftigt. Alle Wissenschaften setzen

aber auch eine gegenständliche Welt voraus, die sie erkennen. Diese objective Welt ist entweder die Natur oder die sittliche Welt. Die Naturphilosophie handelt von den Grundbegriffen der Naturerkenntniss und die Ethik von den Grundbegriffen der sittlichen Erkenntniss. Die Naturphilosophie hat keine andere Aufgabe, als nur die Grundbegriffe der empirischen Naturerkenntniss im Zusammenhange zu erklären. Jeder Zweig der Naturwissenschaft, wie die Chemie, die Physik, die Physiologie, die Naturgeschichte, hat seinen besonderen Grundbegriff, dessen Erklärung das Erfahrungsgebiet und die Grenze der einzelnen Disciplin selbst überschreitet. Auch giebt in der That von der Natur jede einzelne Disciplin der Naturwissenschaften einen besonderen Begriff nach ihrem verschiedenen Standpunkte und ihrem besonderen Erfahrungsgebiete. Was die Natur an sich ihrem allgemeinen Begriffe nach ist, kann daher auch nur aus der Erklärung aller besonderen Grundbegriffe der einzelnen Naturwissenschaften im Zusammenhang mit einander, d. i. durch eine Naturphilosophie erkannt werden. Für unseren Zweck, da wir die Naturphilosophie hier nicht vollständig darzustellen haben, werden wir uns aber nur mit zwei Grundbegriffen der Naturwissenschaften beschäftigen. Der erste und allgemeinste Grundbegriff aller Naturwissenschaften ist der Begriff der Natur selbst. Die Naturwissenschaften im engeren Sinne beschäftigen sich mit der körperlichen Natur, während die Psychologie von der Natur der Seele handelt. Nur die beiden Begriffe der Natur und der Materie oder der körperlichen Materie können wir hier in Betracht ziehen.

1. Der Begriff der Natur.

§. 90. Unser Urtheil über den theoretischen Werth der Naturwissenschaften ist eine Function unserer Vorstellungen von dem Wesen der Natur.

Je grösser in der letzten Zeit der Einfluss der Naturwissenschaften auf das Leben, je mächtiger ihre Bedeutung für die Bildung und Entwicklung der Völker geworden ist, um so mehr ist auch die Frage hervorgetreten, worin das Wesen dieser Wissenschaften, der eigentliche Charakter der Naturerkenntniss liege. Diese Frage ist eine Streitfrage geworden zwischen denen, welche in der Ausbildung der Naturwissenschaften den Fortschritt unserer Zeit, und ihren Gegnern, die darin vielmehr einen Rückschritt und eine Erneuerung des Heidenthums sehen, obgleich die Naturwissenschaften nicht gerade unter den Heiden, sondern erst unter den neuern Völkern in den letzten Jahrhunderten sich gebildet haben. Diese Streitfrage hat zu Lob und Tadel, zur Verwerfung und zur Anpreisung der Naturwissenschaften geführt, ohne dass man doch in der Sache selbst, in der Beantwortung der Frage, worin das Wesen der Naturerkenntniss besteht, tiefer, wie uns scheint, eingedrungen wäre; denn diese Frage wird ohne die Naturphilosophie, welche die Naturwissenschaften als ein Ganzes vor Augen hat, sich nicht entscheiden lassen.

Das Wesen der Naturwissenschaften wird nun aber entweder liegen in ihrem Objecte, darin, dass durch sie die Natur erkannt wird, oder, wie Einige

meinen, darin, dass allein in den Naturwissenschaften die eigentliche und wahre Wissenschaft existire. Die Meinung ist nicht selten hervorgetreten, dass der Mensch Wissenschaft im strengen Sinne nur von der Natur besitze, von den göttlichen Dinge aber, der sittlichen und geistigen Welt nur einen Glauben und keine Wissenschaft. Ist die Naturwissenschaft die einzige Wissenschaft, die wir besitzen, und giebt es von anderen Gegenständen keine allgemein gültige Theorie, so begreift man, wie alsdann die Naturwissenschaften als das Höchste gepriesen und als das einzige universelle Bildungsmittel empfohlen werden können. Werden die Naturwissenschaften aber so angesehen, so bilden sie auch zugleich einen Gegensatz mit dem Glauben, dem Gefühle, dem Gemüthe, das als ein Zweites im menschlichen Geiste neben der allgemein gültigen Erkenntniss der Wissenschaft sich befindet. Repräsentirt die Naturwissenschaft allein die Wissenschaft, so fällt auch die ganze Last dieses, wie man meint, feindlichen Gegensatzes allein auf sie. Ist sie auch die Wissenschaft schlechthin, so kann sie doch nicht die Forderungen des Gemüthes, den ganzen Menschen befriedigen. Sie wird auf der einen Seite als das Höchste anerkannt, auf der anderen aber entdeckt man auch ihre schwache Seite. Das Gemüth, dichtend und glaubend, stellt sich mit seinem Reichthume dem Verstande der Wissenschaft entgegen. Ihn, aber nicht das Gemüth vermag sie zu befriedigen.

Dass ein solcher Gegensatz von Wissenschaft und Gemüth stattfindet, lässt sich nicht in Zweifel ziehen. Auch bedarf der Mensch, um geistig leben zu können, mehr als Wissenschaft. Er bedarf einer Ergänzung der Wissenschaft durch die Religion und die Poesie. Der Naturwissenschaft wird aber hier etwas zum Vorwurfe gemacht, was nicht sie, sondern alle Wissenschaften trifft. Man belastet sie mit der ganzen Schwere dieses Vorwurfes, weil man sie als die Wissenschaft schlechthin ansieht. Damit können wir nicht übereinstimmen. Es ist das eine einseitige Ansicht, die einen Theil für das Ganze ausgiebt und meint, dass die Art, wie in diesem Theile, die Wissenschaft wirklich ist, sie im Allgemeinen existire. Wenn wir nun aber die Naturwissenschaften nicht als die Wissenschaft schlechthin ansehen können, sondern daneben als gleich berechtigt die moralischen und psychologischen Wissenschaften auffassen müssen, so verschwindet auch jener schiefe Gegensatz zwischen Naturwissenschaft und Gemüth. Die übrigen Wissenschaften können die Forderungen des Gemüths ebensowenig als die Naturwissenschaft befriedigen, welche damit nicht mehr in Opposition sich befindet, als irgend eine andere Wissenschaft. Die Jurisprudenz, die Philologie befriedigen ebensowenig die Forderungen des Gemüths als die Naturwissenschaften und bedürfen, wie sie, eine Ergänzung durch die Poesie und die Religion, wenn das geistige Leben nicht verkümmern soll. Sie sind die persönlichen Wege des Erkennens, während die Wissenschaft die allgemeine Heerstrasse ist, worauf alle, ohne Unterschied, zur Wahrheit gelangen können.

Da das Wesen der Naturwissenschaften nicht darin liegt, dass sie die Wissenschaft schlechthin sind, so können wir dasselbe nur in ihrem Objecte, dass durch sie die Natur erkannt wird, finden. In dem Objecte, das sie erkennen, liegt auch das Wesen ihrer Erkenntnisse, nicht aber in dem Subject,

denn darin liegt nur das Wesen der Erkenntniss überhaupt, ihr logisches Wesen, das in allen Wissenschaften dasselbe ist. Nach den verschiedenen Vorstellungen von der Natur wird auch das Urtheil über den Werth und die Bedeutung der Naturwissenschaften sich richten. Vielleicht giebt es keinen Begriff, der so verschiedene Erklärungen gefunden hat, als den der Natur. Bald heisst Natur die Sinnenwelt, dann aber auch Alles, was wirklich ist, das ganze Universum, oder sie wird auch angesehen als eine trübe Mischung des Wahren mit dem Falschen, als das Anderssein der Idee, oder gar als das Reich der Finsterniss und der bösen Geister. Damit stehen auch in Verbindung die verschiedenen Urtheile über den Werth und die Bedeutung der Naturwissenschaften. Besteht ihr Wesen nur darin, dass durch sie die Sinnenwelt erkannt wird, so werden wenigstens die, welche alles Sinnliche fürchten, keinen höheren Werth ihr verleihen. Wenn aber Alles, was existirt, Natur ist, so ist ohne Zweifel die Naturerkenntniss von der höchsten und allgemeinsten Bedeutung für das Leben und die Bildung der Völker. Ganz anders aber urtheilen wir über die Naturerkenntniss, wenn die Natur die Idee in ihrem Anderssein ist, wo die Naturwissenschaften nie bis zu den reinen Ideen, der Wahrheit selbst, vorzudringen vermögen. Unser Urtheil über den Werth der Naturwissenschaften, abgesehen von ihrem praktischen Nutzen, ist also eine Function von dem allgemeinen Begriffe der Natur, den die Naturphilosophie zu entwickeln hat. Ohne sie wird man hierin auch zu keinem sicheren Urtheile gelangen.

§. 91. Kritik von den drei Auffassungen der Natur als Sinnen- und Körperwelt, als Inbegriff aller Realität und als Abfall der Ideen von Gott.

In der Physik pflegt man die Natur als die Sinnenwelt zu definiren. Das Gebiet und das Wesen der Natur wird da bestimmt nach dem Maass der sinnlichen Erkenntniss. Bei der sinnlichen Erkenntniss muss man aber zweierlei unterscheiden, nämlich das, was durch die Sinne direct und was durch sie mittelbar erkannt wird. Direct erkennen wir durch das Gesicht nur Gestalten und Farben, durch das Gehör nur Töne, Laut und Schall. Dass aber das Gestaltete und Farbige, was den Augen sich repräsentirt, ein Haus oder ein Baum oder ein Mensch ist, wird durch den Sinn nicht direct, sondern nur mittelbar erkannt, indem in einer solchen Wahrnehmung schon ein Begriff enthalten ist. Es entsteht daher die Frage, ob die Natur nur der Inbegriff von Gestalten, Farben, Tönen, also das direct sinnlich Erkannte, oder ob sie zugleich der Inbegriff dessen ist, was mittelbar durch die Sinne erkannt wird. In jenem Sinne die obige Erklärung genommen, ist sie zu eng, und in diesem zu weit. Zu eng ist diese Erklärung, weil die Natur mehr ist als eine blosse Erscheinungsweise der Sinne oder dessen, was sie direct wahrnehmen. Wenn aber die Natur die Sinnenwelt nach der zweiten Bedeutung der Wortes sein soll, so würde dieser Begriff zu weit sein, da das Sinnliche nicht blos ein Object der Naturwissenschaften, sondern in der That ein Object aller Wissenschaften ist. Denn das Sinnliche sind die Erscheinungen, welche durch die Wissenschaften erklärt werden sollen. Darauf beziehen sich die Begriffe aller

Wissenschaften. Auch die Theologie, die Jurisprudenz, die Philologie sind Wissenschaften von dem Sinnlichen, nur geben sie davon eine andere Erklärung als die Naturwissenschaften. Nicht in dem Sinnlichen an sich, sondern in der Erklärung, welche die Naturwissenschaften davon geben, wird daher erst das Wesen der Natur sich offenbaren.

Dies scheint auch die Physik zu meinen, wenn sie zu der angegebenen Erklärung noch den Zusatz macht, dass die Sinnenwelt die materielle, die Körperwelt ist. Indess auch diese Erklärung ist theils zu enge, theils zu weit. Zu weit ist sie, weil die Artefacten keine Naturproducte und daher keine Objecte der Naturwissenschaften sind. Zu eng ist diese Erklärung aber, weil es nicht blos eine Natur des Körpers, sondern auch der Seele und des Geistes giebt. Die Einrichtungen und Vermögen der Seele, wie Alles, was in ihr durch äussere Einwirkung entsteht, ist ebensowohl etwas Natürliches, wie die Einrichtung eines organischen Körpers und die Einwirkung der Aussenwelt auf den Organismus. Der Geist bildet in der Natur keine Ausnahme, sondern gehört ebenso zur Natur, wie der Körper. Wenn die Naturwissenschaften auch vorwiegend mit der körperlichen Natur sich beschäftigen, so werden sie doch auch genöthigt, wie die Physik in der Optik und Akustik und die Physiologie in der Neurologie ihre Untersuchungen auf das Geistige auszudehnen. Die Medicin, sofern sie ein praktischer Zweig der Naturwissenschaften ist, untersucht die Krankheiten des Leibes und der Seele und muss daher voraussetzen, dass es auch in der Seele etwas Natürliches giebt. Die gewöhnliche Erklärung von dem Begriffe der Natur, wie wir sie in den empirischen Naturwissenschaften finden, bleibt unbestimmt, zu eng oder zu weit, weil keine Erfahrungswissenschaft ohne Philosophie ihre Grundbegriffe erklären kann.

In der Philosophie pflegt man zumeist Alles, was wirklich ist und geschieht, Natur zu nennen. Das ist die gewöhnliche Erklärung der Metaphysik. Von ihr geht auch Schelling aus, wenn er angiebt, dass alles Objective in unserem Wissen die Natur sei. Der Begriff der Natur wird hier durch den Begriff der Existenz, der Wirklichkeit, des Seins, der Realität definirt. Die Natur ist die Wirklichkeit im Gegensatze zu einer blos gedachten idealen Welt. Den Begriff des Seins vermögen wir nicht anders als im Gegensatz und in Beziehung auf unser Denken aufzufassen und zu bestimmen. Was wir denken, hat jedenfalls in unserem Denken eine Existenz, soll der Gedanke aber wahr und keine blosse Einbildung sein, muss das Gedachte auch ausser dem Gedanken wirklich sein, und diese Wirklichkeit nennen wir die Wirklichkeit oder die Natur. Die Natur, denken wir, würde sein, auch wenn sie von uns nicht gedacht wird, obgleich wir in demselben Momente sie doch unabhängig von unserem Denken denken. Was wir aber hiebei in unserem Denken erfahren, ist nichts anderes, als dass wir überall nicht im Stande sind, den Gegensatz des denkenden Subjectes mit dem gedachten Objecte aufzuheben, obgleich Schelling wie Herbart diesen unmöglichen Versuch, der stets in sein Gegentheil umschlägt, doch anstellen durch eine gewaltsame und nutzlose Abstraction von allem Subjectiven, um ein sogenanntes rein Objectives, oder von allem Denken, um das reine Sein ohne alle Beziehung auf ein Denken — nämlich zu denken.

Dass auch die Natur an diesem Gesetze unseres Denkens, wonach wir nur im Gegensatz von Subject und Object, des Gedankens mit der Wirklichkeit zum Bewusstsein kommen, Theil hat, mag das Wahre sein, was in der obigen Definition vom Begriffe der Natur enthalten ist. Wir sind in allem unseren Denken von einer gegenständlichen Welt, welche wirklich ist, abhängig. Dieselbe, sagt man, sei die Natur. Wenn die Natur aber die objective Welt unseres Denkens ist oder sein soll, so zeigt jedoch diese Definition selbst, dass sie in ihrer Allgemeinheit nicht gültig ist, da umgekehrt Alles, was existirt, nicht Natur ist. Denn Alles, was existirt, ist mehr als die Natur, da dazu nicht blos die gegenständliche Welt gehört, welche das Wesen der Natur ausmacht, sondern auch die subjective Welt des Gedankens. Wenn die Natur durch den Begriff des Seins, der Wirklichkeit oder der gegenständlichen Welt definirt wird, so behält man dabei noch etwas anderes im Sinne, was dann als ein *quasi* Nichtsein genommen wird, nämlich die ideale Welt des Gedankens, womit theils die Logik, theils die Ethik sich beschäftigen. Wenn man von jenem unglücklichen Versuch der gewaltsamen Abstraction der Elemente der Wahrheit wie Schelling, Hegel und Herbart ausgeht, so bleibt dann doch neben dem Sein oder der objectiven Welt noch eine Art Schattenwelt des logischen Gedankens und der sittlichen Ideale nach, die, wie es scheint, einerseits in der wirklichen Welt keinen Platz mehr finden können, da die Natur schon allen Raum eingenommen hat, andererseits aber doch nicht schlechthin in ihrem Dasein abgeleugnet werden können. Man wird aber entweder sie völlig ignoriren und verleugnen müssen, oder man muss sich entschliessen anzuerkennen, dass die Natur nicht alles Sein, sondern selbst nur eine Sphäre der objectiven Welt neben der sittlichen ist, und dass die objective Welt selbst nur neben der subjectiven des Gedankens Dasein hat. Allein für diesen Fall ist es klar, dass der Begriff der Natur nicht durch den Begriff des Seins und den Gegensatz von Sein und Denken, sondern nur durch den Gegensatz zu der sittlichen Welt definirbar ist. Die Welt des Seins ist umfangreicher, als die Philosophie denkt, welche alle wahre Philosophie auf Naturphilosophie und Metaphysik einschränken möchte.

Schelling ist zuletzt zu der Auffassung von der Natur gelangt, dass sie wesentlich ein Abfall der Ideen von Gott sei. Hegel drückt dies in seiner Sprache dadurch aus, dass er die Natur das Anderssein der absoluten Idee nennt. Als Schelling seine Naturphilosophie zuerst gründete, ging er von dem Idealismus Fichte's aus und suchte er die Natur in Analogie mit dem denkenden Geiste zu erklären. In der materiellen Natur wirke dieselbe Kraft wie im Geiste, nur blind und bewusstlos. Seine Naturphilosophie besteht in der Darlegung eines Parallelismus zwischen den Thätigkeiten des Geistes und denen der Natur. Diese Analogien enthalten viele Anregung, um auf den rechten Weg zu kommen, sie genügen aber nicht, wenn sie selbst für adäquate Erkenntnisse gelten. Die Analogie dient dem Erkennen, wenn sie als ein Hülfsmittel genommen wird, den adäquaten Begriff zu finden, gilt sie aber selbst dafür, so führt sie vom rechten Wege ab. Hegel und Schelling gelangen durch ihr Verfahren in Wahrheit nur zu einer negativen Erklärung vom Begriffe

der Natur. Sie ist der blinde Geist, die unreife Vernunft, das bewusstlose Denken. Wir erfahren daraus nicht, was die Natur positiv ist. Das Wesen des Geistes, Bewusstsein und Freiheit sind in der Natur nur verneint, gehemmt enthalten. Diese Verneinung gilt als das Wesen der Natur. Diese negative Erklärung führt aber zum Widerspruch. Sie wissen die Natur nicht anders denn als einen unaufgelösten Widerspruch mit sich selbst zu begreifen. Auf der einen Seite stellen sie die Natur dar als das Reich der Nothwendigkeit, insofern in ihr die Begriffe und Ideen der Vernunft verwirklicht sind, auf der anderen Seite ist jedoch die Natur zugleich das Reich des Zufalls, da es die Ohnmacht der Natur sei, die ihr zu Grunde liegenden Begriffe (ihre Gesetze) nicht festhalten und ausführen zu können, weil sie nur bewusstlos in ihr walten. Als göttliche Idee enthalte die Natur das vollkommen Harmonische und Zweckmässige und herrsche in ihr eine nothwendige Gesetzgebung, als Abfall davon aber auch Zufall, Regellosigkeit und Willkür. Die Blindheit der Natur ist also nicht blos eine negative, sondern ein Widerspruch in dem Begriffe der Natur, wie ihn Schelling und Hegel fassen. So vermögen wir aber die Natur in ihrem Wesen nicht aufzufassen. Was hier Zufall, Willkür, Regellosigkeit, Ohnmacht des Begriffes genannt wird, das ist nichts Objectives, sondern nur etwas Subjectives. Es ist das nur ein Mangel und eine Ohnmacht der menschlichen Erkenntniss, welche die Ursachen, das Gesetz noch nicht gefunden hat, wo die Natur uns als eine zufällige und regellose erscheint. Schelling und Hegel aber setzen diesen Mangel in unserem Erkennen als etwas Objectives und Reales, weil sie von der irrigen Annahme einer völligen Identität des Denkens mit dem Sein ausgehen, in welchem Fall auch die Verneinungen in unserem Denken real sein müssen. Den Zufall aber als etwas Objectives annehmen, ist nur der Aberglaube der absoluten Philosophie. Die Uebereinstimmung des Denkens mit dem Sein ist das Ziel, aber nicht der Anfang der Wissenschaften. Ihr Anfang ist die Differenz von Denken und Sein, ohne welche wir überhaupt nicht die Wahrheit suchen würden. Wenn endlich der ungelöste Widerspruch, der das Wesen der Natur ausmachen soll, daraus erklärt werden soll, dass sie der Abfall der Ideen von Gott ist, so mag man daran als an eine unbegreifliche Thatsache glauben, aber eine Erklärung ist nicht darin enthalten. Denn wenn das Geschöpf Gottes vollkommen wie Gott selbst war, so konnte es nicht von Gott abfallen, weil es dann auch unfehlbar sein müsste wie Gott selbst. Schelling aber meint, darin gerade habe die Vollkommenheit des Geschöpfes bestanden, dass es frei wählen konnte zwischen dem Guten und dem Bösen, zwischen dem Sein in Gott und dem Abfall von Gott. Allein das ist keine Vollkommenheit, beliebig das Gute oder das Böse zu wählen. Das ist überall keine Freiheit, sondern nur ein blinder Zufall. Der Abfall ist eine blosse Thatsache, die aber, weil sie doch zugleich als nothwendig gesetzt wird, damit, wie Schelling sagt, darin Gott als freier Geist, der beständig den dunklen Grund seiner Existenz in Liebe verklärt, offenbar werde, für eine Erklärung ausgegeben wird. Diese Thatsache fordert aber vielmehr eine Erklärung, als sie eine giebt. Der Abfall ist ein Wort, das den Mangel einer Erklärung verdeckt. Dieser angeblich nothwendige Abfall

verdirbt nicht nur alle Sittlichkeit und Religion, da die Geschöpfe Gottes dadurch verurtheilt sind, unausbleiblich der Sünde zu verfallen, sondern macht auch alle Naturforschung zur Verzweiflung, da er als objectiver Zufall und Regellosigkeit überall störend dem Denken entgegentritt und daher dem Denker alles Vertrauen, die Wahrheit zu erkennen, nimmt. Die Erklärung der Natur als Abfall von der absoluten Idee stimmt scheinbar überein mit der Genesis der heiligen Schrift. Die Uebereinstimmung aber ist nur scheinbar. Weil nach der Bibel die Natur schon vor dem Menschen erschaffen ist als Grundlage und Voraussetzung der freien Wesen, hier aber die Natur erst aus dem Abfall der freien Wesen von Gott geworden sein soll, und weil durch den Sündenfall wohl der Mensch, nicht aber die Natur aus ihrem Centrum verrückt wurde, während hier diese Verrückung an der ganzen Natur stattgefunden haben soll. Das Unbefriedigende an Schelling's Erklärung von der Natur ist ihr negativer Charakter. Sie ist nur die negative Grundlage des Geistes und der Geschichte und soll daher nicht conservirt und ausgebildet, sondern nur abgestreift und negirt werden. Eine Natur, die so durch und durch von dem Abfall durchzogen ist, ist überall keine Natur, sondern nur eine verdorbene Cultur, die stets, um möglich zu sein, eine Natur voraussetzt, welche kein Abfall von Gott ist.

Unsere Kritik der drei Erklärungen von dem Begriffe der Natur, welche entweder in der empirischen oder in der philosophischen Naturwissenschaft gegeben worden sind, zeigt, dass diese Erklärungen zu ungenau oder unbestimmt oder negativ sind. Der Philosophie Schelling's und Hegel's ist oft vorgeworfen worden, dass sie die Natur zu hoch stelle, sie hat von ihr aber doch nur eine negative Erklärung gegeben und die positive Wahrheit der Natur nicht erkannt.

§. 92. Die Natur als Schöpfung oder als Inbegriff aller Veränderungen der Dinge, bedingt durch die Materie.

Um eine präcise und positive Erklärung von dem Begriffe der Natur zu finden, gehen wir hier von der allgemeinen Aufgabe aller Wissenschaften aus, von den Veränderungen der Dinge eine Erklärung zu geben. Das Räthsel, welches alle lösen wollen, ist die Veränderung der Dinge. Davon geht aller wissenschaftliche Trieb aus. Die Dinge bleiben nicht, was sie sind, sondern verändern sich. Die Veränderungen der Dinge wollen die Wissenschaften erklären. Schon oft ist die Bemerkung gemacht worden, dass es vor Allem die Veränderungen der Dinge sind, welche den Forschungstrieb erregen. Wo die Temperatur stets dieselbe, oder ihr Wechsel so gleichmässig ist, dass man ihn nicht wahrnimmt, tritt auch die Frage nach den Ursachen dieser Erscheinungen nicht hervor. Wo aber wie in unserem Klima darin gar kein Bestand zu sein scheint, sucht die Wissenschaft den Grund dieser Veränderungen zu erforschen. Und so ist es überall. Räthselhaft ist dem Menschen das Werden, und die Wissenschaften sollen das Räthsel lösen. Zu dem Ende beobachten und beschreiben sie die veränderlichen Zustände der Dinge, sammeln Beobachtungen und Erfahrungen. In diesem Verfahren liegt aber zugleich die Voraussetzung, dass aus der Wahrnehmung und Beobachtung der Ereignisse und Thatsachen

ein Gesetz sich finden lasse, wodurch die Veränderungen erklärt werden können. Zweierlei können wir daher in den Wissenschaften unterscheiden: die Wahrnehmung der Veränderungen, Begebenheiten und Thatsachen und ihre Zurückführung auf ein Gesetz, woraus sie sich erklären lassen. Die Wissenschaften wollen doch nicht, wenn sie gleich davon ausgehen, das Werden, sondern das Sein, das Beständige und Ewige wollen sie erkennen. Die Beobachtung der Veränderung ist uns ein Mittel zur Erkenntniss der Gesetze und des beständigen Seins. Das ist in allen Wissenschaften der Fall, macht aber nicht das besondere Wesen der Naturwissenschaften aus, wie KANT meinte. Er definirte danach die Natur als Inbegriff aller Erscheinungen, sofern sie unter allgemeinen Gesetzen stehen. Die Natur ist ein Reich von Gesetzen, wonach Alles geschieht. Die Gesetzmässigkeit der Erscheinungen macht sie erst zu einer Natur. Es gilt das aber nicht allein von den Naturwissenschaften, sondern von allen Wissenschaften. Auch die moralischen und psychologischen Wissenschaften suchen Gesetze auf, woraus sie die Veränderungen ihrer Gegenstände begreifen wollen. Die ganze Welt, die natürliche, wie die sittliche, ist ein Reich von Gesetzen, wonach Alles geschieht. Alle Wissenschaften setzen nicht blos eine Welt veränderlicher Phänomene voraus, sondern auch ein Reich allgemeiner Gesetze. KANT's Definition der Natur ist daher zu weit. Sie verlangt eine genauere Bestimmung über die Art der Gesetzgebung und Gesetzvollziehung, welche das Wesen der Natur ausmacht.

Alles Werden aber fordert eine doppelte Erklärung, denn jedes Werden hat einen Anfang und wird aus seinem Ursprunge erklärt, und jedes Werden hat ein Ende und wird aus seinem Endzwecke erklärt. Die Erklärung aus dem Endzwecke nennen wir die ethische, die aus dem Ursprunge und Anfange die physische. Wir stellen daher auch die ethische und physische Welt einander entgegen. Die sittliche Welt umfasst das Leben und das Sein der Dinge durch den Endzweck bestimmt; die physische aber, sofern sie durch ihren Ursprung und Anfang in ihrem Werden und Sein bedingt sind. Was die Dinge sind, das sind sie zuerst durch ihren Ursprung. Mit ihrer Entstehung empfangen sie ihre Natur. Das Wasser ist durch einen chemischen Process entstanden, eine Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff. Es ist ein Product dieses Processes und hat sein Wesen in seiner chemischen Verbindung. Aus einem Samenkorne, das selbst ein Product ist der zeugenden Kraft der Natur, wächst die Pflanze. Durch ihre Entstehung und ihren Ursprung sind die Dinge erst, was sie sind. Natur nannten die Völker daher die erste und ursprüngliche Entstehung der Dinge. Was von dem Menschen nicht hervorgebracht wird, aber doch einen Ursprung hat, ist Natur. Daher nannten die Griechen sie Physik und die Römer *natura* die Geburt der Dinge. Aus diesem Grunde nennen wir auch die Anlagen der Dinge ihre Natur. Das Natürliche ist ein Angebornes, Anererbtes, Anerschaffenes. Aus einer gegebenen Anlage gehen alle Veränderungen der Dinge hervor. Jedes Werden ist zuerst bedingt durch eine Anlage. Was die Dinge werden, ist im voraus durch ihre Anlage bestimmt, welche die Grundlage aller Veränderungen ist. Die Natur eines jeden Dinges besteht in gegebenen Kräften und Vermögen, wodurch Alles, was sie werden

gemessen und bestimmt ist. In diesem Sinne gebrauchen wir das Wort Natur auch in der Mehrheit, da wir jedem Dinge seine Natur zuschreiben, eine andere dem Bergkrystall, als der Eiche. Aus diesem Begriffe von der Natur folgt nun aber, dass das Natürliche den Grund seines Daseins nicht in sich selber, sondern in etwas Anderem hat. Ihre Anlagen haben die Dinge sich nicht gegeben, sondern sie haben sie durch ihre Entstehung empfangen. Wir können vorläufig die Materie die Anlage der Dinge nennen. Kein natürliches Ding aber ist Grund seiner Materie, sondern diese ist ihm durch einen vorhergehenden Process gegeben und bedingt selbst die Veränderungen, das Werden und die Entwicklung des Dinges.

Das Andere, welches der Grund ist von dem Dasein aller Anlage der Dinge oder, was dasselbe ist, aller Materie, ist das Absolute oder Gott. Wenn wir eine Natur denken, so denken wir auch nothwendig Gott oder das Absolute. Es ist das eine einfache und bündige Folgerung aus dem Vorhergehenden. Denn Natur ist, was den Grund seines Daseins in etwas Anderem hat. Der letzte Grund aber von der Materie oder der Anlage der Dinge kann nicht selbst wieder eine blosse Anlage, ein Vermögen etwas zu werden sein, weil dies ins Unendliche einen Grund seines Daseins in etwas Anderem fordert. Dieser Grund kann daher nur gedacht werden als eine absolute Wirklichkeit, die Alles ist, was sie sein kann. Das ist Gott oder das Vollkommene. Wir denken ihn aber auch in demselben Gedanken als Schöpfer der Natur und die Natur als Schöpfung und jedes Ding als ein Geschöpf. Denn auf Gott kommen wir nur durch den Gedanken, dass die Natur den Grund ihres Daseins in etwas Anderem hat. Gott ist Schöpfer, weil er dieser Grund ist.

Nach dieser Seite hin stehen also die Naturwissenschaften in Verbindung mit einer Theologie. Die Naturwissenschaften gehen in allen ihren Erklärungen von den Veränderungen der Dinge zurück bis auf die Anlage der Dinge oder die Materie. Der Begriff der Materie ist der letzte Grenzbegriff der Naturwissenschaften, aber nicht der höchste Grundbegriff unseres Erkennens. Im Denken können wir aber nicht stehen bleiben bei dem, was den Grund seines Daseins in etwas Anderem hat, sondern nur bei dem, was den Grund seines Daseins in sich selber hat, welches Gott ist. Wenn wir aber Gott als den Grund von den Anlagen aller Dinge denken und diese Anlagen als die Natur, so folgt daraus, dass wir Gott keine Natur zuschreiben können, weil er den Grund seines Daseins nicht in etwas Anderem, sondern in sich selber hat. Wollten wir, wie SCHELLING, Gott eine Natur zuschreiben, so müssten wir in ihm eine Anlage denken, die er von einem Anderen empfangen hätte, was unmöglich ist. Gott hat wohl ein ewiges und unveränderliches Wesen, aber keine Natur. Hätte er eine Natur, so wäre er auch dem Schicksal des Werdens unterworfen, was SCHELLING meint. Allein das ist mit sich selbst in Widerspruch, da eine solche Natur in Gott einen Gott fordert, der der Grund ist von dem Dasein dieser Natur, weil sie den Grund ihres Daseins nicht in sich hat.

In dieser Erklärung vom Begriffe der Natur liegen indess Annahmen, welche wir noch ausdrücklich hervorheben müssen. Unsere Erklärung geht davon aus, dass alle Veränderungen der Dinge bedingt sind und dass sie aus ihren

Bedingungen zu erklären seien. Unsere Annahme von der Bedingtheit des Werdens stimmt unstreitig auch mit der Erfahrung überein, da sie uns nirgends eine Veränderung zeigt, die nicht einen Anfang genommen und dadurch bedingt wäre. Die Veränderungen gehen nicht *per regressum* ins Unendliche, sondern zuletzt kommen wir immer auf die Materie, welche alle Veränderungen bedingt. Mit unserer Annahme stimmt auch das Verfahren aller Wissenschaften, und namentlich das der Naturwissenschaften überein, welche alle Veränderungen als Wirkungen aus ihren Ursachen begreifen wollen. Durch ihre Ursachen sind aber die Veränderungen bedingt. Sie finden nicht von selbst statt und würden nicht stattfinden, wenn nicht eine Ursache wäre, welche sie bewirkte. Die Annahme von der Bedingtheit des Werdens stimmt also mit der Erfahrung und dem Wesen aller Wissenschaften überein.

Nicht selten ist jedoch die Ansicht von der Unbedingtheit des Werdens aufgestellt und vertheidigt worden. Man nimmt ein unendliches Werden an, das niemals einen Anfang genommen und nie endet und weder durch seinen Ursprung, noch durch seinen Endzweck bedingt ist. Geht man hievon aus, so erklärt man, die Natur sei das unendlich Werdende. Diese Meinung ist im Alterthum zuerst und mit grosser Entschiedenheit aufgestellt worden von Heraklit. Auch die Stoiker haben diese Lehre von dem ewigen Kreislauf des Werdens ausgebildet. Man nennt sie gewöhnlich den Pantheismus der Evolution. Gott oder das Absolute ist das ewige Leben in der Natur, das unendliche Werden. Es ist das die Verwandlungslehre des Absoluten. Diese Lehre hebt selbstverständlich die Schöpfung auf. Die Natur kann nicht eine Schöpfung sein, wenn wir sie als das unendliche Werden denken, da dann das Werden selber absolut und durch nichts bedingt ist. Nicht aus natürlichen Anlagen gehen die Veränderungen der Dinge auf ein letztes Ziel hin, sondern sie werden, weil sie werden. Die Thatsache des Werdens ist auch die Erklärung des Werdens. Zu werden, das ist das blinde Schicksal und die Natur der Dinge. Denn blind ist das Schicksal, da das Werden nichts misst als das Werden.

Wenn wir aber ein unendliches Werden denken, so ist das mehr ein Taumel im Denken als eine Ordnung des Denkens. In der Reihe der Veränderungen sollen wir zurück und vorwärts gehen, ohne irgend wohin zu kommen. Dieser Fortgang ist aber ebenso viel wie ein Stillstand. Daher ist auch das unendliche Werden gleich dem Nichtwerden, weil darin gar nichts wird. Ohne Anfang und Ende findet kein Werden statt. Es ist im Anfange und am Ende durch ein Sein bedingt. Das Werden ist selbst nur die Mitte, ein Uebergang von einem zum andern. Sieht man aber die Natur als ein unendliches Werden an, so verkehrt sie sich uns in lauter Mirakel. Denn mirakulos erscheint ein solches unendliches Werden, das ohne Anfang und Ende dahinfliesst. Da kann Alles werden, nur die Umstände und die Unbedingtheit des Werdens lassen Alles entstehen und vergehen, wie es sich trifft. Diese Verwandlungslehre des Absoluten ist der Aberglaube an eine solche mirakulose Natur. Sie steht auch mit dem Wesen der Naturwissenschaften in Widerspruch, denn die Naturwissenschaften wollen nicht blos das Wunder des Werdens uns

vorführen und es als ein schön anzuschauendes Schauspiel beschreiben, sondern sie wollen es erklären, alle Erklärung aber setzt es als ein Bedingtes voraus.

In eigenthümlicher Weise haben die Ansicht von dem unendlichen Werden, welches die Natur sein soll, geltend gemacht SCHELLING und HEGEL, indem sie die Evolutionstheorie mit der Schöpfungslehre verbinden wollten. Die Natur wollen sie als unendliches Werden, zugleich aber als Schöpfung ansehen, aber als eine Schöpfung, worin Gott sich erst selbst entwickele. Darin ist jedoch ein Widerspruch enthalten. Denn wenn auf der einen Seite das Universum als eine That und Schöpfung Gottes angesehen wird und auf der anderen Seite Gott darin doch erst sich entwickelt und zum Bewusstsein seiner selbst kommt, so weiss man nicht, ob die Schöpfung schon geschehen ist, oder ob sie noch bevorsteht. Denn eine That, die noch in der Entwicklung begriffen ist, lässt es zweifelhaft, ob die Natur eine Schöpfung ist oder nicht. Die Schöpfung steht noch erst bevor, wenn das Universum die Entwicklungsgeschichte Gottes ist. Diese Ansicht bildet keine sichere Grundlage der Naturforschung, welche wissen muss, ob sie die natürlichen Anlagen der Dinge, die Materie, als vollendete Thatsachen der göttlichen Schöpfung anzusehen hat oder nicht. In Zweifel kann sie darüber nicht bleiben. Man weiss aber in der Evolutionslehre nicht, ob die Materie ist oder nicht ist. Sie sieht sie für ein halbes Sein und für einen halben Schein, für Nichts und Etwas an, weil das unendliche Werden auch nur eine veränderliche Wahrheit kennt, die bald so, bald anders ist.

Wird aber Gott als Schöpfer der Natur angenommen, so muss er schon vollkommen sein, denn nur das Vollkommene kann schaffen. Das Vollkommene ist die Ursache der Natur. Das ist die zweite Annahme, worauf unser Begriff von der Natur sich basirt. Das bedingte Werden, wovon wir ausgehen, führt zur Schöpfung, allein schöpferische Thätigkeit kann nur aus dem Vollkommenen fliessen. Ein Gott, der sich noch entwickelt, kann nicht schaffen. Der Beweis davon liegt in der Natur selbst. Nur das vollständig ausgebildete Thier hat Zeugungskraft, nicht aber der Knabe. Nur wer selber etwas weiss, kann lehren. Nur wer selbst einen Charakter hat, kann Andere leiten. Alle Thätigkeit geht aus dem vollkommenen Sein hervor. Nur das vollkommene Sein ist activ, das unvollkommene ist passiv, veränderlich, in ihm ist das Geschehen. Ein Gott, der noch mit seiner eigenen Existenz ringt, kann keine Welt aus sich hervorgehen lassen. Das Vollkommene ist nicht allein das, wohin alle Dinge sich gezogen fühlen, sondern auch das, woher sie alle kommen. Sie wollen nur dahin zurück, woher sie ihren Ursprung haben. Alle Erklärungen des Werdens sind zuletzt Erklärungen aus dem Vollkommenen, denn nur dies ist der Grund seines eigenen Daseins.

Nur die Anlagen der Dinge stammen aus dem vollkommenen Sein. Gott hat allen Dingen einen Stoff gegeben, woraus Alles werden kann. Hätte er ein der Wirklichkeit nach vollkommenes Geschöpf gesetzt, wie SCHELLING meint, so würde kein Grund zum Werden vorhanden sein, das Werden und damit die Natur konnte nur Abfall von Gott sein. Alles Werden aber geht aus der Materie, der Anlage der Dinge hervor und gehört den Dingen an, die werden, aber nicht Gott. Er ist kein Gott blosser Scheinproducte seiner

eignen Verwandlung, sondern Schöpfer der Anlagen der Dinge, die daraus werden.

§. 93. Die Natur, im Gegensatze zur sittlichen Welt, das nothwendig Geschehende nach gegebenen, sich unabänderlich und stets in derselben Weise vollziehenden Gesetzen.

Den Begriff der Natur haben wir bis jetzt nur nach einer Seite bestimmt, es ist nothwendig, auch die andere, welche in der That den empirischen Naturwissenschaften näher liegt, zu verfolgen. Denn es kommt jetzt ferner darauf an, um den Begriff der Natur zu erklären, die Entwicklung und das Werden selbst zu bestimmen. Alle Veränderungen geschehen nach Gesetzen. Ihre Gesetzmässigkeit ist aber zweifacher Art, eine physische und eine ethische. Sie ist physisch, wenn die Erscheinungen nach Gesetzen nothwendig geschehen, ethisch aber, wenn sie nach Gesetzen frei erfolgen. Die Natur ist das nothwendig Geschehende, die sittliche Welt aber das Reich der Freiheit. Dem nothwendig Geschehenden steht entgegen einerseits das Zufällige und anderseits das Freie. Das Zufällige ist das, was nach gar keinem Gesetze geschieht, das Freie aber das, was nach Gesetzen, aber anders als das Physische geschieht. Das Zufällige ist aber nichts Objectives, sondern nur etwas Subjectives, nur das, wovon wir das Gesetz des Geschehens nicht kennen. Der Zufall ist keine objective, sondern subjective Gesetzlosigkeit, denn Alles geschieht nach Gesetzen. Das Freie aber ist nicht identisch mit dem Zufälligen, denn das ist das Gesetzlose, die Freiheit aber hat ihr Gesetz. Freiheit und Gesetz heben sich nicht auf, sondern gehören zusammen. Nur Zufall und Gesetz heben sich auf. Wenn aber das frei und das nothwendig Geschehende sein Gesetz hat, so kann der Unterschied zwischen der Natur und der sittlichen Welt nur bestehen in der Art der Gesetzgebung und der Gesetzvollziehung. Die Gesetzgebung und ihre Vollziehung macht das Wesen der Natur auf der einen Seite und das Wesen der sittlichen Welt auf der anderen Seite aus.

Dem nothwendig Geschehenden ist sein Gesetz gegeben. Dies macht das Wesen der Natur aus. Mit dem Dasein der Dinge ist auch das Gesetz ihrer Veränderungen gegeben. Sowie eine materielle Welt existirt, ist damit auch das Gesetz gegeben, wonach die Körper fallen, die Stoffe sich anziehen, die Thiere sich fortpflanzen, die Planeten um ihr Centrum gravitiren. Die Natur ist daher der Inbegriff aller Erscheinungen unter gegebenen Gesetzen. Anders ist es in der sittlichen Welt. Der Geist muss sich selber das Gesetz mit Bewusstsein geben, wenn eine Handlung desselben einen moralischen Charakter haben soll. Die sittliche Welt fordert als ihre Bedingung Selbstgesetzgebung. Freiheit ist Selbstgesetzgebung.

Die Naturgesetze vollziehen sich unabänderlich. Es ist durch sie unabänderlich festgesetzt, was erfolgt, wenn sich irgend etwas verändert. Das Sittengesetz setzt aber noch einen Entschluss voraus, weshalb in ihm nicht unabänderlich festgesetzt ist, was erfolgt, wenn sich irgend etwas verändert. Fällt ein Körper, so bewegt er sich in einer gewissen Zeit durch einen

bestimmten Raum. Bewegt sich der Mensch, so geht er nicht nothwendig eine Meile in der Stunde. Kommt Eisen in die Anziehungssphäre des Magnets, wird es angezogen. Kommt ein Reicher in die Gesellschaft von Armen, so wird er nicht nothwendig bestohlen, so stark auch die Anziehungskraft seines Reichthums auf die Besitzlosen sein mag. Trinke ich Blausäure, werde ich vergiftet; lese ich einen schlechten Roman von EUGEN SUE, so hängt meine moralische Vergiftung davon ab, wie stark ich mich dem Eindrucke hingebe. Die Naturgesetze wirken unabänderlich, das Sittengesetz aber frei, denn seine Vollziehung hängt von einem Entschlusse ab.

Die Naturgesetze wirken, weil unabänderlich, stets in derselben Weise, die Sittengesetze aber, weil sie sich frei vollziehen, bringen auch eine verschiedene Wirklichkeit in der Geschichte hervor, die selbst eine Folge davon ist. Die ägyptischen Mumien gleichen den heutigen Bewohnern von Aegypten, ihre sittlichen Zustände aber sind längst andere geworden. Die Pflanzen blühen und vergehen, die Stoffe wirken auf einander wie zu ARISTOTELES' Zeit, die staatlichen, rechtlichen und sittlichen Verhältnisse der Völker aber haben eine Geschichte, weil sie auf dem freien Willen ruhen. Da alle Naturgesetze permanent sind, so giebt es in der Natur auch keine Verderbniss und keine Störung. Alle Revolutionen in ihr sind Folgen und Erfüllungen ewiger Gesetze. Die Natur altert nicht, sie ist stets dieselbe. Aus diesem Grunde ist auch der Unterschied, den die Alten, namentlich ARISTOTELES, statuirten zwischen einer incorruptiblen himmlischen Region und einer corruptiblen irdischen, in der Natur nicht statthaft Das Naturgesetz ist überall dasselbe. Der Unterschied zwischen der Natur und der sittlichen Welt, wie sie uns in der Geschichte der Menschheit ursprünglich gegeben ist, liegt in der Gesetzgebung und der Gesetzvollziehung der Ereignisse und Veränderungen. Alle Veränderungen der Dinge sind Wirkungen entweder von bewegenden Kräften, die nach gegebenen Gesetzen nothwendig und stets in derselben Weise wirken, oder der Willenskraft des Geistes, der nach Vorstellungen von Gesetzen frei handelt. Jenes ist das Reich der Natur, dieses das Reich der Sittlichkeit.

Der Gegensatz zwischen der natürlichen und sittlichen Welt ist nicht gleich dem negativen Gegensatz zwischen der Bewusstlosigkeit und dem Bewusstsein. Man hat wohl gesagt, im Bewusstsein liege der eigentliche Unterschied von der Natur, sie sei nur das Bewusstlose. Wenn der Magnet ein Bewusstsein hätte von seiner Richtung nach Norden, so würde er nicht mehr zur Natur gehören. Allein, wenn er auch ein Bewusstsein hätte, er würde doch nur fühlen, dass er nach dem Norden gezogen wird. Auch eine bewusste Nothwendigkeit ist Nothwendigkeit oder Natur. Wenn das Bewusstsein nur das Geschehene begleitet, so ist das nur Natur. Der Punkt des Gegensatzes aber liegt im Willen. Wollen aber ist mehr als Wissen, Vorstellen und Denken, es ist Causalität des Bewusstseins. Die Kraft des Geistes, nach Vorstellungen eine Wirklichkeit zu gestalten oder hervorzubringen, nennen wir seine Willenskraft. Darin liegt, dass der Geist sich selber mit Bewusstsein ein Gesetz giebt und danach die Wirklichkeit gestaltet und umändert. Weil er sich selber das Gesetz giebt, kann er davon abweichen und kann es in unendlichen Modificationen realisiren. Alles Wollen

findet nur statt im Gegensatz zur Wirklichkeit. Weil der Geist sich darin befangen und unbefriedigt fühlt, verlangt er nach einer Wirklichkeit, die durch ihn aus dem Bewusstsein entstehen soll. Der Wille ist Entstehenlassen aus dem Bewusstsein. Was der Geist nicht ist und nicht hat, will er und soll zum Bewusstsein durch ihn hinzukommen. Die Willenskraft des Geistes bildet daher den Gegensatz mit der Natur. Die Natur hat keinen Willen, und weil sie keinen hat, ist sie das nothwendig Geschehende, das, was sein muss. Weil sie keinen Willen hat, ist sie das Gegentheil der sittlichen Welt, die dem Willen angehört. Dem Wollen entgegen ist das Müssen. Der Geist muss nicht, weil er wollen kann. Die Natur aber muss, weil sie keinen Willen hat.

Die Behauptung, dass die Natur keinen Willen hat, müssen wir vertheidigen gegen eine Ansicht des Philosophen SCHOPENHAUER [1], welche in letzter Zeit mehrfach Beachtung und Beifall, wenn auch nicht gerade von Seiten der Naturwissenschaften, gewonnen hat. Er meint, dass das Reale und Substantielle in allen Erscheinungen ein Wille sei, alles sei eine verschiedene Aeusserung und Darstellung des Willens. Eine solche Behauptung hat schon früher SCHELLING aufgestellt; alles Sein, meint er, sei ein Wollen, Wollen ist Ursein. Auch FICHTE sah den Willen als das allein Reale an. Diese Ansicht findet sich selbst schon bei AUGUSTIN. Ganz neu ist SCHOPENHAUER's Ansicht daher nicht; wenn man sie dafür hält, beweist das nur Unkunde mit der Geschichte der Philosophie. Auch in der Natur, meint SCHOPENHAUER, sei das Reale der Wille. Die Schwere sei ein Wollen des Planeten nach der Sonne hin, das Wachsen der Pflanzen ein Wollen nach dem Lichte. Den Willen an sich betrachtet SCHOPENHAUER aber als eine völlig blinde Kraft, als einen dunklen Trieb und Drang. Erst im Menschen erlange der Wille Bewusstsein, an sich aber sei er ohne alles Bewusstsein. Wenn man aber dem Willen das Bewusstsein und die Productivität aus dem Bewusstsein nimmt, und nun behauptet, auch in der Natur ist das Reale der Wille, so heisst das aber nur, die Natur hat keinen Willen, in der Natur ist das Reale nicht der Wille. Spricht man von einem Willen in der Natur, so ist das eine blosse Analogie. Wir müssen daher bei unserer Behauptung bleiben, dass die Natur keinen Willen hat, sondern nur Nothwendigkeit des Daseins und des Geschehens.

Der Wille geht auf die Entstehung einer neuen Wirklichkeit, welche den Vorstellungen des Geistes entspricht und ihn befriedigt. Die durch den Geist erzeugte neue Wirklichkeit ist die zweite Natur, die Geschichte. Diese muss aber doch der ersten Natur, die anfänglich ist und dem Wollen des Geistes selbst zu Grunde liegt, gleich sein, d. h. auch in ihr muss Nothwendigkeit sein. Die Nothwendigkeit aber, welche durch ein Wollen vermittelt ist, nennen wir die moralische im Unterschiede von der physischen. Moralisch nothwendig ist das, was sein soll, physisch nothwendig aber ist das, was sein muss. Das Sollen ist Nothwendigkeit durch einen Willen. Die Nothwendigkeit, welche darin liegt, ist Nothwendigkeit aus dem Bewusstsein, aber nicht Bewusstsein der Nothwendigkeit. Nothwendigkeit aus dem Bewusstsein ist Nothwendigkeit um

[1] Die Welt als Wille und Vorstellung. — Ueber den Willen in der Natur.

eines Endzweckes willen. Denn die Vorstellung, woraus die Wirklichkeit hervorgeht, ist der Zweck. Daher ist die Vernunft zweckmässiges Thun und ist in der Geschichte Alles wegen eines Zweckes nothwendig. Die Nothwendigkeit der Natur aber ist nicht Nothwendigkeit aus dem Zwecke, sondern aus dem Anfange, aus der Ursache. Die Nothwendigkeit des Geschehens stammt daher das eine Mal aus dem ersten Anfange, das andere Mal aus dem Ende. Physikalisch erklären wir Alles als nothwendig aus den ersten Ursachen, ethisch aber erklären wir Alles als nothwendig aus Endzwecken. Wir unterscheiden also zwischen einer causalen und finalen Nothwendigkeit, die erste gehört der Natur, die andere der sittlichen Welt an. Das ist die zweifache Nothwendigkeit des Geschehens in den Veränderungen der Dinge. Davon aber müssen wir noch die Nothwendigkeit des Begriffes oder des Wesens der Dinge unterscheiden. Die drei Winkel eines Dreiecks sind nothwendig zweien rechten Winkeln gleich, nicht aus einem physischen oder ethischen, sondern aus einem logischen oder metaphysischen Grunde, der im Wesen oder im Begriffe der Sache liegt. Wenn daher Alles nothwendig ist, so ist doch nicht Alles in einerlei Weise, sondern aus physischen, ethischen oder logischen Gründen nothwendig, und wie die Gründe verschieden sind, so sind es auch die Gebiete der nothwendigen Folgen, welche aus ihnen hervorgehen. Moralisch nothwendig ist nichts ohne einen Willen, logisch nothwendig nichts ohne ein Denken und physisch nothwendig ist alles, was aus den bewegenden Kräften der Materie, der Anlage der Dinge, hervorgeht. Dem Einzelnen wohnt Nothwendigkeit inne nur durch ein Allgemeines, das das Einzelne zusammenhält und verbindet. Da die Natur das Reich der Nothwendigkeit schlechthin ist, geht in ihr auch Alles aus dem Allgemeinen, den Elementen, hervor, woraus in ihr aber entsteht das Individuelle. Individuen und Personen aber sind die Grundlagen und Voraussetzungen der sittlichen Welt, denn die Freiheit wird stets nur individuell geboren. Das Allgemeine, die Gemeinschaft, ist in der sittlichen Welt ein Werk der freien verbindenden Thätigkeiten der Einzelnen. Hierin liegt der Zusammenhang, der zwischen der Natur und der sittlichen Welt besteht. Was die Natur aus dem Allgemeinen hervorbringt, die Individuen, ist die Grundlage des sittlichen Processes in der Geschichte, woraus aber durch die freien Thaten der Einzelnen wieder eine Natur, nämlich die zweite, durch den Willen gleichsam hindurch geborene Natur entstehen soll.

Da die Natur keinen Willen hat, so unterliegt das Natürliche auch an sich keiner sittlichen Beurtheilung. Diese ist nicht statthaft, wo nur nothwendige Gesetzmässigkeit der Erscheinungen herrscht. Das Natürliche ist an sich weder gut noch böse, sondern schuldlos. Die Natur ist ohne Schuld, denn die Anlagen der Dinge stammen von Gott und diese sind ohne Schuld, sie sind unverderblich, die Natur ist unverwüstlich. Das Endliche kann daher auch nicht für sich schon als verschuldet angesehen werden. Von Gut und Bös kann nur die Rede sein in Beziehung auf ein Wollen, das in der Natur nicht vorhanden ist. In dem Gesammtgebiete der wissenschaftlichen Cultur haben daher auch die Naturwissenschaften eine bedeutungsvolle Aufgabe, indem sie die Idee einer allbeherrschenden nothwendigen Gesetzmässigkeit der Erscheinungen, die von dem

menschlichen Willen unabhängig sind, vertreten. Denn die sittliche Welt, welche allein in dem Begriffe des Willens ihren Erklärungsgrund hat, setzt eine Natur voraus und besteht nur neben ihr. Der Werth der Naturwissenschaften besteht in der Erkenntniss der Natur als Inbegriff des nothwendig Geschehenden nach gegebenen und permanenten Gesetzen. Sie ist die positive Grundlage und Vorbedingung der sittlichen Welt. Einseitig werden die Naturwissenschaften nur, wenn sie ihre Begriffe über ihr Erfahrungsgebiet extendiren und auch die Thatsachen der Geschichte und des sittlichen Lebens als ein nur nothwendig Geschehendes meinen erklären zu können. Diese Einseitigkeit ist der sogenannte Naturalismus, der neben der Natur keine sittliche Welt, kein frei Geschehendes, keine Erklärung aus Endzwecken anerkennen will. Er besteht in der Uebertragung der physischen Erklärungsweise auch auf die moralischen und psychologischen Wissenschaften, deren Erfahrungsgebiet die Geschichte ist. Diese Willkür entspricht nicht dem Verfahren der Naturwissenschaften, die gegebenen Erfahrungen und Erscheinungen nach ihrem Inhalte zu erklären. Die Naturphilosophie aber, wenn sie den ersten Grundbegriff der Naturwissenschaften erklären soll, wird dies nur leisten können, wenn sie den Begriff der Natur neben dem der sittlichen Welt auffasst und definirt.

2. Der Begriff der Materie.

§. 94. Die verschiedenen Erklärungen von dem Begriffe der Materie.

Nach dem Idealismus ist die Materie selbst keine Substanz, sondern nur ein Phänomen des Geistes, der die Substanz und die Ursache aller Erscheinungen, welche wir sinnlich erkennen, sein soll. Aristoteles sah die Materie als die nothwendige Grundlage, als das Substrat aller Veränderungen an. Cartesius findet ihr Wesen in der Ausdehnung nach den drei Dimensionen des Raumes. Nach Kant macht die Bewegung das Wesen der Materie aus. Die Atomistik sieht alle sichtbaren Körper als zusammengesetzt aus Atomen an. Geschichtlich sind uns also mehr als zwei Vorstellungsarten über das Wesen der körperlichen Natur überliefert, die längere Zeit geherrscht haben und auch für die Gegenwart noch von Interesse und Bedeutung sind, da neben der atomistischen und der dynamistischen Naturerklärung auch die Begriffe vom Wesen der Materie, welche der Idealismus, Aristoteles, und Descartes darüber aufgestellt haben, auch gegenwärtig noch unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, da sie auch jetzt noch verwandt werden. Gedanken, die Jahrhunderte in der Wissenschaft geherrscht haben, enthalten Elemente der Wahrheit und antiquiren nie ganz. Wir versuchen zunächst die angegebenen Ansichten unter einander zu vergleichen. Nach dem Atomismus, dem Aristoteles, Descartes und Kant hat die Materie ein objectives Dasein. Nach dem Idealismus aber hat die Materie keine objective Existenz, sondern ist sie ein Phänomen des Geistes. Der Idealismus bildet daher mit den übrigen Erklärungen vom Wesen der Materie einen Gegensatz. Ihm gegenüber handelt es sich um die Frage nach dem objectiven Dasein der Materie. Die Atomistik stimmt mit dem Cartesianismus in dem einen Punkte überein, dass nach beiden das Wesen der Materie in ihrer räumlichen Aus-

dehnung besteht, denn die Atome der Corpuscularphilosophie sind wesentlich ausgedehnte, unsichtbar kleine Körper. Indem beide die Ausdehnung zum Wesen der Materie machen, ist ihre Naturanschauung auch vor Allem eine mathematische und geometrische. Die Atomistik und der Cartesianismus differiren jedoch darin von einander, dass die Cartesianer an der Ausdehnung das Moment der Continuität und der Einheit, die Atomistik aber das Moment der Vielheit und der Discretion geltend machen. In der Ausdehnung liegt Multiplicität und Continuität. Der Cartesianismus hält die Continuität in dem Maasse fest, dass alle Vielheit verschwindet, und die Atomistik urgirt umgekehrt die Vielheit und Getrenntheit der einfachen Raumpunkte, die selbst noch einen Raum einnehmen, in dem Grade, dass alle Einheit illusorisch wird. Ihnen gegenüber tritt daher die Frage hervor, wie in dem Begriffe der ausgedehnten Materie die Momente der Vielheit und der Continuität zu verbinden sind. Weder Aristoteles noch Kant haben das Wesen der Materie in der Ausdehnung gefunden. Auch sahen sie die Materie nicht an als ein Phänomen des Geistes, wie der Idealismus. Gemeinschaftlich ist Beiden der Gegensatz gegen den Idealismus, die Atomistik und den Cartesianismus. Aber unter sich bilden sie einen Gegensatz. Denn nach Kant liegt in aller Materie wesentlich bewegende Kraft, wodurch sie den Raum erfüllt; nach Aristoteles aber hat die Materie keine bewegende Kraft, sondern nur das Vermögen, jegliche Bewegung, die sie von Aussen empfängt, aufzunehmen. Sie ist nach ihm der bewegliche Stoff ohne bewegende Kraft, nach Kant aber das Bewegliche mit bewegender Kraft. Die Materie hat bei Kant also eine Eigenschaft, die zu ihrem Wesen gehört, nämlich die Bewegung; bei Aristoteles aber ist sie der eigenschaftlose Stoff, ein völlig passives Sein, das alle Veränderungen, Eigenschaften und Bestimmung durch eine Bewegung von Aussen erst empfängt. Der Begriff des Aristoteles ist der allgemeinste, aber auch der unbestimmteste, der von der Materie gegeben worden ist. Sie ist das blosse Sein ohne Kraft, ohne Bewegung, ohne Eigenschaften und Grössenbestimmungen. Es beruht dieser Begriff auf der Zerlegung der Dinge in ihre Eigenschaften und ihre Existenz. Die Existenz ohne die Eigenschaften ist die Materie, der Stoff, der Alles sein und werden kann, und alles wird und ist durch eine formende und bewegende Kraft ausser ihm. Diesem Dualismus von Stoff und Kraft bei Aristoteles steht entgegen die dynamische Naturansicht, welche aller Materie eine bewegende Kraft zuschreibt, die ihr immanent ist. In diesem Gegensatze handelt es sich also um die Frage, ob die Materie nur ein passives oder auch ein actives Sein ist. Da bewegende Kraft aber bewegende Kraft, nicht aber Denken und Wollen ist, so ist auch die dynamische Naturansicht nicht identisch mit der idealistischen, welche nur denkende Kräfte kennt und die Materie als ein Phänomen derselben ansieht. Die geschichtlich überlieferten Ansichten über das Wesen der körperlichen Natur berühren alle Fragen, welche in Beziehung auf das Wesen der Materie können erhoben werden. Sie stellen die Materie theils nur als ein Phänomen, theils als eine Substanz dar, und zwar entweder als eine eigenschaftlose oder als eine Substanz mit dem wesentlichen Attribute der continuirlichen oder der discreten Ausdehnung oder mit dem Attribute der Bewegung.

1. Die objective Existenz der Materie und der Idealismus.

§. 95. Mit den Naturwissenschaften im engeren Sinne ist der Idealismus unverträglich.

Den Naturwissenschaften liegt die Ueberzeugung zu Grunde, dass es eine materielle Welt ausser uns giebt. In der Ueberzeugung von dem objectiven Dasein, der wahrhaften Existenz der Materie untersuchen und erforschen sie die Natur. Sie verfahren hierin nicht anders als jede andere Wissenschaft. Denn jede Wissenschaft setzt die Existenz ihres Objectes voraus. Dürfte sie sich davon nicht überzeugt halten, so würde sie auch sogleich aufhören, ihren Gegenstand zu erforschen. Wo keine Wahrheit ist, sondern blos ein Schein, da hört auch alles Streben nach einer Wissenschaft auf. Denn nicht die blos scheinbare, sondern die wahrhaftige Existenz der Dinge wollen die Wissenschaften erkennen. Und da auch die Naturwissenschaften in dieser Ueberzeugung verfahren, so setzen auch sie die objective Existenz einer materiellen Welt ausser uns voraus. Diese Ueberzeugung enthält die erste Hypothese der Naturwissenschaften, mit deren Begründung sich die Naturphilosophie zu beschäftigen hat. Sie soll jene Voraussetzung rechtfertigen. Es ist möglich, dass die Philosophie diese Ueberzeugung nicht zu bewahrheiten weiss, sondern damit beschäftigt, zuerst zu dem Zweifel gelangt an der Existenz der Materie und später zu der Gewissheit, dass die Materie nur eine scheinbare Existenz besitzt und nur eine Erscheinung des Geistes ist. Gelangt die Philosophie aber auf diesem Wege zum Idealismus, so ist damit auch die Existenz der Naturwissenschaften gefährdet und untergraben. Denn mit dem Idealismus ist keine Naturwissenschaft verbindbar. Sie schliesst von sich und auf ihrem Gebiete den Idealismus aus. Mag er auch die gesammte materielle Welt als einen, wie man es nennt, objectiven, d. h. nothwendigen und unvermeidlichen Schein demonstriren können, er hebt doch die selbständige Existenz der Naturwissenschaften im engeren Sinne auf und macht ihre Disciplinen zu blossen Kapiteln der Psychologie. Wissenschaft ist Wissenschaft von einem Sein und nicht von einem blossen Schein. Der Schein gehört dahin, wo das Sein ist. Und wenn nur der Geist das Sein, die Materie aber der Schein ist, so mag es immerhin Psychologie in einem so universellen Sinne geben, als man will, eine Wissenschaft von der körperlichen Natur giebt es alsdann nicht mehr. Denn jede Wissenschaft lebt stets der Ueberzeugung, dass ihr Object existirt und Wahrheit darin ist, die sie erforschen will. Die idealistische Philosophie rechtfertigt nicht die Voraussetzungen der Naturwissenschaften, sondern zeigt nur, dass diese Voraussetzungen Täuschungen sind und eine Voraussetzung ganz anderer Art an ihre Stelle treten müsse. Es ist möglich, dass der Idealismus Recht hat, aber dessen muss er sich doch bewusst sein, dass er alle Naturwissenschaften untergräbt und aufhebt. Und wundern darf er sich deshalb auch nicht, wenn die Erfahrungswissenschaften der Natur ihn von vornherein verwerfen als ein Dogma, mit dem sie selbst nicht bestehen können. Die Grundbegriffe der Erfahrungswissenschaften soll die Philosophie rechtfertigen und erklären. Wenn sie aber einen dieser Grundbegriffe dadurch erklärt zu haben meint,

dass sie ihn annulirt, so darf sie sich nicht wundern, wenn die Wissenschaften, denen dieser Grundbegriff gehört, sich von ihr abwenden, sobald sie inne werden, dass das, was sie bisher für eine Wahrheit gehalten haben, doch nur ein Schein, wenn auch ein objectiver sein soll. In der Natur der Sache finden wir es daher begründet, dass die Naturwissenschaften von der Philosophie sich immer mehr abgewandt haben, je mehr sich in dieser entwickelte, was sie selbst triumphirend den absoluten Idealismus nannte, mit dem man noch gegenwärtig, wenn gleich vergeblich, versucht, die Naturwissenschaften zu verfolgen. Seine Leistungen für die Grundbegriffe der übrigen Wissenschaften in Zweifel zu ziehen, kommt uns nicht in den Sinn, nur seine Unverträglichkeit mit den Naturwissenschaften haben wir hier hervorheben wollen. Damit ist freilich auch noch nicht die Streitfrage zwischen ihm und den Naturwissenschaften entschieden; es ist möglich, dass der Idealismus im Recht ist, aber das eine scheint uns von vornherein gewiss, dass, wenn Naturwissenschaften und Philosophie zusammen bestehen sollen, sie von ihrem idealistischen Vorurtheil sich abwenden muss, da mit dem Idealismus keine Naturwissenschaften und mit ihnen kein Idealismus zusammen besteht.

§. 96. Die symbolische Auffassung körperlicher Erscheinungen setzt ihre directe Wahrnehmung voraus, weshalb auch der Schluss von körperlichen Erscheinungen auf geistige Substanzen voreilig und unberechtigt ist.

Der Idealismus geht nicht direct von der Wahrnehmung der körperlichen Erscheinungen aus, um daraus eine Erklärung derselben zu gewinnen, sondern er geht aus von der inneren Wahrnehmung der geistigen Thätigkeiten in uns. In Analogie damit will er auch die körperlichen Erscheinungen, die wir äusserlich wahrnehmen, erklären. Aus den körperlichen Erscheinungen, welche gegeben sind, schliesst er auf geistige Substanzen, welche ihnen zu Grunde liegen. Dieser Schluss aber ist unberechtigt und voreilig. Denn aus dem Gegebensein körperlicher Erscheinungen folgt nur, dass ihnen Substanzen zu Grunde liegen, nicht aber, dass alle Substanzen geistiger Art sind. Aus den Erscheinungen folgt, dass es Substanzen giebt, daraus aber nicht, dass alle Substanzen geistige Wesen sind. Nur aus der Wahrnehmung geistiger Thätigkeiten ist auch ein Schluss auf geistige Substanzen zulässig. Ausser uns nehmen wir durch die Sinne aber nur Körper, nicht aber geistige Thätigkeiten wahr. Wir hören, dass Jemand spricht, aber nicht, dass er denkt, wir sehen ihn gehen, aber nicht, dass er es will. Die Erkenntniss beseelter Wesen ausser uns beruht nicht auf der Wahrnehmung ihrer körperlichen Erscheinungen, sondern auf einer symbolischen Auffassung derselben. Eine gewisse Gestalt und Beweglichkeit des Körpers fassen wir als ein Symbol des Geistes und der Seele auf. Diese symbolische Auffassung körperlicher Erscheinungen, die uns in den Stand setzt, beseelte Wesen ausser uns anzunehmen, setzt aber die vorhergehende directe Wahrnehmung der körperlichen Erscheinungen voraus, da wir sie nicht als Symbol von etwas Anderem, von geistigen Thätigkeiten auffassen können, wenn wir sie nicht selbst vorher als körperliche Erscheinungen

wahrgenommen haben. Da nun aber die Erkenntniss beseelter Wesen ausser uns auf der symbolischen Auffassung ihrer Erscheinungen beruht, so können wir nicht aus dem Gegebensein körperlicher Erscheinungen ohne Weiteres auf geistige Substanzen schliessen. Wenn wir es auch vermöchten, alle Erscheinungen der körperlichen Natur sogleich als Symbole von geistigen Thätigkeiten aufzufassen, so würde doch der Schluss, dass es nur geistige Substanzen giebt, unberechtigt sein, weil ihre symbolische Auffassung durch die vorhergehende Wahrnehmung der körperlichen Erscheinungen vermittelt ist, woraus direct ein Schluss auf geistige Substanzen nicht zulässig ist, da es nicht im Begriffe einer Substanz liegt, dass sie wesentlich geistiger Art ist. Das Wort ist ein Symbol des Gedankens, aber um es so aufzufassen, müssen wir es vorher als einen articulirten Laut gehört haben. Der articulirte Laut aber ist eine körperliche Erscheinung, woraus nicht direct auf geistige Thätigkeiten und Substanzen mit Nothwendigkeit geschlossen werden kann. Eine Wissenschaft der körperlichen Natur selbst, welche auf der sinnlichen Wahrnehmung ihrer Erscheinungen beruht, kann der Idealismus durch seine Symbolik der Naturphänomene ebensowenig ersetzen, wie die akustische und physiologische Untersuchung der Sprache durch ihre lexikalische und grammatische Erforschung geliefert wird. Der Idealismus, sofern er nur eine symbolische Auffassung der Naturerscheinungen intendirt, ist nicht unverträglich mit den Naturerscheinungen, das ist er nur, sofern er ihre Erkenntniss durch seine meint ersetzen zu können, da alsdann die körperliche Natur als solche völlig unerkannt bleibt.

§. 97. Die Erklärung, dass der Körper nur ein Phänomen des Geistes ist, setzt etwas ausser dem Geiste Seiendes voraus. Aus verschiedenen Graden des geistigen Daseins lassen sich materielle Erscheinungen nur erklären, wenn noch ausserdem etwas existirt.

Der Idealismus aber beabsichtigt mehr als eine blosse Symbolisirung der körperlichen Phänomene, er meint diese selbst aus den geistigen Wesen, die er allen Erscheinungen zu Grunde legt, erklären zu können. Wenn nun aber nur geistige Wesen existiren, so fragt es sich, wie es kommt, dass wir ausser uns nur Körper und keine Geister wahrnehmen. Wenn nur geistige Wesen existiren, so müssten auch überall geistige Thätigkeiten wahrnehmbar sein. Da wir aber nun doch ausser uns nur Körper wahrnehmen, so muss der Idealismus auch erklären, woher es kommt, dass die geistigen Wesen doch nicht als geistige Wesen, sondern als Körper einander erscheinen. Den Körper als ein Phänomen des Geistes muss er, wenn er seiner Aufgabe gewachsen sein will, nachweisen können. Für die Lösung dieses Problemes kann man einen zweifachen Weg unterscheiden, einen subjectiven und einen objectiven. Denn der Grund, dass uns etwas körperlich erscheint, kann liegen theils in der Einrichtung des erkennenden Geistes, theils aber in dem, was erkannt wird, in den Objecten der Erkenntniss. Wenn nun in dem erkennenden Geiste solche Einrichtungen vorhanden wären, die bewirkten, dass uns etwas körperlich erscheint, ohne es zu sein, bestehen sie

nun in angeborenen Vorstellungen, oder in einem Mechanismus unserer Vorstellungen, oder in Formen des Anschauens und Denkens, so würde allein daraus der Körper als ein blosses Phänomen sich noch nicht erklären lassen, weil damit die angebornen Vorstellungen wirklich sind, die Formen des Anschauens einen Inhalt haben, der Mechanismus der Vorstellungen agirt, noch etwas ausser dem Geiste vorhanden sein muss, das auf ihn oder seine Sinne einwirkt. Denn ohne eine solche Einwirkung kann auch aus den Einrichtungen des erkennenden Geistes das Phänomen des Körpers nicht hervorgehen. Allein, wenn etwas ausser dem Geiste existirt, das auf seine Sinne wirkt, so existiren nicht blos geistige Wesen, sondern auch körperliche, und ist der Körper nicht blos ein Phänomen, sondern selbst eine Substanz, denn geistige Wesen sind und leben nur in sich, in ihrem Bewusstsein und vermögen nicht auf einander zu wirken und von einander Wirkungen zu empfangen, ohne zugleich körperliche Wesen zu sein. Das Phänomen des Körpers vermag der Idealismus aus den Einrichtungen des erkennenden oder vorstellenden Geistes also nicht zu erklären, ohne die Substantialität der Materie vorauszusetzen, wodurch er offenbar sich selber aufhebt. Gesetzt, die geistigen Wesen, welche allein objectiv vorhanden sein sollen, wären Spiegel, worin sich alle Dinge abbilden, und die Bilder, welche so entstehen, die Körper, so würde doch, wenn wir auch annehmen, dass diese Spiegel so eingerichtet wären, dass alles, was sich in ihnen abbildet, materiell und körperlich erscheint, allein aus den Spiegeln selbst nicht einmal das Spiegelbild, welches der Körper sein soll, sich erklären lassen, wenn nicht ausser den Spiegeln, d. i. den geistigen Wesen, noch substantielle Körper vorhanden wären, von denen ein directer Lichtstrahl auf die Spiegel fällt, ohne den es keine reflectirten Lichtstrahlen geben kann. Wenn daher die Körper Spiegelbilder der geistigen Wesen sein sollen, so ist dies doch nicht möglich ohne die Voraussetzung, welche den Idealismus aufhebt, dass es ausserdem noch von Aussen direct in die geistigen Wesen einfallende Lichtstrahlen giebt, die aus den Spiegeln selbst nicht herstammen können, wenn nicht ausserdem körperliche Substanzen vorhanden sind.

Da der Idealismus nun aber nicht zugeben kann, dass es etwas ausser den geistigen Substanzen, die allen Erscheinungen zu Grunde liegen, giebt, ohne sich selbst aufzuheben, er aber allein aus den Einrichtungen des vorstellenden Geistes den Körper als ein Phänomen nicht ableiten kann, so versucht er ausserdem objective Gründe, woraus dies Phänomen hervorgehen soll, geltend zu machen. Seine objectiven Gründe liegen in der Annahme, dass es verschiedene Grade des geistigen Daseins, höhere und niedere, geben könne. Der niedrigste Grad würde der sein, wo das geistige Wesen kaum oder noch gar kein Bewusstsein besässe und es sich in einem traumartigen Zustande befände, wie Leibniz meint, oder bewusstlos denkt, wie Schelling und Hegel wollen, oder auch ohne geistige Thätigkeit ist, wie Herbart annimmt. Setzen wir solche geistige Wesen oder Substanzen in den niedrigsten Stufen ihrer Entwicklung voraus, so meint der Idealismus, dass daraus für einen Zuschauer das Phänomen der Materie oder der körperlichen Materie hervorgehe. Die Materie sei daher der Geist, der noch keine geistigen Thätigkeiten ausüben könne, oder

noch ohne Bewusstsein existirt, oder nur die ersten Rudimente derselben besitze. Es giebt keine Materie, versichert der Idealismus, aber geistige Wesen ohne Bewusstsein, ohne geistige Thätigkeiten, in einem traumartigen Zustande. die uns daher als Materie erscheinen. Die unorganische Materie lässt sich nun wol als geistiges Wesen in einem solchen niederen Grade der Entwicklung auffassen, und es ist nichts dagegen einzuwenden, sie sich auch so vorzustellen, wenn sie nämlich nur selbst erst vorhanden ist. Von dem Idealismus aber müssen wir doch, wenn seine Annahme acceptabel sein soll, noch verlangen, dass er erklärt, wie die geistigen Wesen dann in diesen Zustand versetzt sind, der nothwendig ist, um das Phänomen der Materie zu erzeugen. Denn wunderlich bleibt es doch immer, dass die geistigen Wesen sich gegenseitig den Schein der Materie und der Körperlichkeit erzeugen und gleichsam maskirt sich einander darstellen. Wäre das Phänomen der Körper uns nicht empirisch gegeben, dem Idealismus könnte es nie einfallen, eine solche Maskirung seiner geistigen Substanzen, die allein objectiv existiren soll, auch nur zu erdichten. Hat dies nun aber, wie er meint, seinen Grund in der anfänglichen Bewusstlosigkeit des Geistes, oder in seinem Unvermögen, geistige Thätigkeiten zu äussern, so müssen wir doch wissen, woher das kommt, da dies nicht aus dem Wesen des Geistes folgt, denn seinem Wesen nach hat er Bewusstsein und geistige Thätigkeiten. Liegt dieser Grund aber nicht im Wesen des Geistes selbst, so muss noch etwas ausser den geistigen Substanzen vorhanden sein, das bewirkt, dass gewisse geistige Substanzen in einen niederen Grad der Entwicklung sich versetzt finden, sie darin festhält und sie in ihrer Entwicklung hemmt. Dies Aeussere aber, welches noch ausser den geistigen Substanzen existirt, ist der Körper oder die Materie als eine Substanz. Der Idealismus kann also, wie uns scheint, auch auf dem objectiven Wege, wenn er ihn einschlägt, das Phänomen der Materie nicht erklären, ohne ihr objectives Dasein zugleich vorauszusetzen. Niedere Grade geistigen Daseins sind nur acceptabel, wenn etwas ausser den geistigen Substanzen vorhanden ist, das sie in ihrer Entwicklung hemmt und retardirt, was selbst kein Geist, sondern ein Körper ist. Durch dies Zugeständniss würde der Idealismus aber sich selbst aufheben, da alsdann die Materie nicht ein Phänomen geistiger Substanzen wäre, ohne dass sie selbst ein substantielles Dasein hätte. Er sucht sich daher auch durch einen Ausweg zu helfen, der, wie uns scheint, jedoch zu einem Widerspruch führt, den wir verwerfen müssen. Dass ausser den geistigen Substanzen körperliche vorhanden sind, kann der Idealismus nicht einräumen, und er vermag daher auch die niederen Grade des geistigen Daseins, woraus das Phänomen der Materie für einen Zuschauer entsteht, nicht daraus zu erklären. Er nimmt an, dass die Hemmung der geistigen Entwicklung, woraus ihre niederen Grade sich ergeben, in dieser selbst liegt. Aus einer Selbsthemmung in der Entwicklung geistiger Substanzen will er die niederen Grade des geistigen Daseins und den Schein der Materie erklären. Die Materie ist daher nach dem Idealismus wesentlich eine Negation, eine Hemmung geistiger Kräfte und Thätigkeiten, die jedoch in ihnen selbst liegt. Sie ist die Verneinung des Geistes als Selbsthemmung seiner Entwicklung. Anfänglich sind die Erklärungen des Idealismus von der körperlichen Natur

Analogien und Symbolisirungen, zuletzt aber Negationen und Widersprüche. Eine blosse Hemmung einer (geistigen) Thätigkeit ist ohne eine andere (körperliche) Thätigkeit nicht möglich. Sind geistige Thätigkeiten gehemmt, so ist das ohne positive Kraft und Thätigkeit ausser ihnen nicht möglich. Daraus aber würde folgen, dass es ausser den geistigen Wesen eine substantielle Materie giebt. Da dies aber der Idealismus nicht annehmen kann, so betrachtet er die Hemmung der geistigen Thätigkeiten als blosse Verneinungen und als Selbsthemmung. In diesem Begriffe aber liegt ein Widerspruch, den wir nicht annehmen können. Denn wenn eine Thätigkeit oder eine Entwicklung sich selbst hemmt, so findet sie überhaupt nicht statt, da ihre Selbsthemmung ihren Beginn unmöglich macht. Es geschieht nichts, wenn eine Entwicklung sich selbst hemmt oder eine Selbsterhaltung eine Störung dergestalt aufhebt, dass sie nicht stattfindet. Da der Idealismus nun Grade des geistigen Daseins, worauf der Schein der Materie beruhen soll, ohne einen völlig unlöslichen Widerspruch nicht erklären kann, so hebt auch seine Annahme, dass es nur geistige Wesen giebt, woraus die Materie als Phänomen erklärbar sein soll, sich selbst auf. Da weder aus den Einrichtungen vorstellender Wesen, noch aus den verschiedenen Graden des geistigen Daseins das Phänomen der Materie sich erklären lässt ohne die Annahme, dass noch etwas ausser den geistigen Wesen existirt, was auf sie einwirkt, so erscheint uns der Idealismus als eine nicht durchführbare Meinung, deren Kritik zu der Ueberzeugung von dem objectiven und substantiellen Dasein der Materie führt. Wie die körperlichen Erscheinungen nur als Symbole geistiger Wesen aufgefasst werden können, wenn ihre directe Wahrnehmung vorhergeht, so ist die Annahme verschiedener Grade des geistigen Daseins als Grundlage verschiedener körperlicher Phänomene nur zulässig, wenn die Materie nicht blos ein Phänomen ist, sondern ein objectives und substantielles Dasein hat. Was der Idealismus intendirt, symbolische Auffassung der körperlichen Erscheinungen und die Annahme verschiedener Grade des geistigen Daseins nach den verschiedenen Stufen in der Entwicklung der körperlichen Natur, ist also nur möglich bei der Voraussetzung von einem objectiven und substantiellen Dasein der körperlichen Materie.

§. 98. Die Darlegung der positiven Gründe für die Ueberzeugung von der objectiven Existenz der Materie.

Wenn die Naturwissenschaften daher den Idealismus auf ihrem Gebiete zurückweisen als eine unzulässige und nichts erklärende Annahme, so scheinen sie uns im Rechte zu sein. Er kann ihre Ueberzeugung von dem objectiven Dasein einer materiellen Welt ausser uns nicht umstossen und wanken machen. Sein Gebiet liegt an einem ganz anderen Orte, als wo die Naturwissenschaften sich befinden. Sie gehen von der Wahrnehmung der körperlichen Erscheinungen selbst aus und wollen diese aus sich selbst erklären. Der Idealismus aber geht von der inneren Wahrnehmung geistiger Thätigkeiten aus und fasst die körperlichen Erscheinungen symbolisch auf und vermuthet, dass denselben verschiedene Grade des geistigen Daseins entsprechen. Der Idealismus betreibt Psychologie, meint aber zugleich darin eine Erkenntniss von der körperlichen Natur zu

besitzen. In dieser Meinung aber täuscht er sich. Denn wie die geistige Natur nur aus der inneren Wahrnehmung und der symbolischen Auffassung der körperlichen Erscheinungen erkannt werden kann, so ist auch die körperliche Natur nicht ohne sie selbst, nicht ohne die äussere Wahrnehmung der körperlichen Erscheinungen erkennbar, denn die Erkenntniss eines jeden Gegenstandes ist durch ihn selbst bedingt. Die Ueberzeugung von der Existenz einer materiellen Welt ausser uns beruht nicht auf der Widerlegung des Idealismus, sondern auf directen Gründen. Die Widerlegung des Idealismus enthält nur eine Bestätigung derselben, sie selbst aber entspringt aus anderen Gründen. Man meint gegenwärtig oftmals, wenigstens in der Philosophie, dass diese Ueberzeugung nur aus der Widerlegung des Idealismus zu gewinnen sei. Der Idealismus enthält aber offenbar nur eine einseitige Naturansicht; um sie aber als solche zu erkennen, muss man schon die Gründe kennen, worauf die Ansicht von dem Dasein der Materie und der objectiven Wahrheit der körperlichen Natur sich stützt, falls man nicht ein blosses Reden wider den Idealismus, wie das jetzt gebräuchlich ist, für eine Widerlegung desselben hält. Die Gründe wider ihn stammen aber nicht aus ihm, sondern aus einer anderen Erkenntniss, der naturwissenschaftlichen selbst. Die Gründe für die Substantialität der Materie sind auch, zum Theil wenigstens, in unserer Kritik des Idealismus schon anticipirt. Wir werden aber nun versuchen, sie für sich darzustellen.

§. 99. Die Ueberzeugung von der Existenz einer Sache beruht auf der Wahrnehmung ihrer Erscheinungen.

Von der Existenz irgend eines Gegenstandes sind wir überzeugt nur durch unsere Erkenntniss desselben. Wovon wir gar nichts wissen, von dessen Sein zu reden, hat keinen Sinn. Die Ueberzeugung von der Existenz einer Sache steht also in Verbindung mit ihrer Erkenntniss. Das Sein ist nicht die Verneinung, sondern die Position des erkannten Gegenstandes. Je mehr wir ihn erkennen, um so kräftiger ist auch unsere Ueberzeugung von seiner Existenz, und je weniger wir ihn erkennen, um so zweifelhafter ist uns sein Dasein. Zur Ueberzeugung von der Existenz einer Sache gelangen wir nun aber nicht dadurch, dass wir sie denken. Aus blossen Begriffen und Gedanken folgt kein Sein. Freilich beruht unsere Erkenntniss von beseelten Wesen ausser uns auf einem Schluss der Analogie. Wir würden aber in dieser Weise nicht schliessen können, wenn wir nicht vorher durch innere Wahrnehmung schon eine Kenntniss von geistigen Thätigkeiten besässen. Ebenso schliessen wir *per analogiam*, dass wir Nerven und ein Gehirn besitzen, was wir bei uns selbst aus keiner directen Erfahrung kennen. Aber auch diesen Schluss würden wir nicht machen können, wenn nicht eine directe Wahrnehmung jener Organe stattgefunden hätte. Unsere Ueberzeugung von der Existenz einer Sache gründet sich ursprünglich auf der Wahrnehmung ihrer Erscheinungen. Aus diesen schliessen wir auf die Existenz der Sache, deren Erscheinungen wir wahrgenommen haben. Wir wissen von keinem Sein, das uns nicht erschienen oder uns sich nicht offenbart hat.

§. 100. Die sinnliche Wahrnehmung ist das erste Maass für den Begriff der körperlichen Materie.

Auf der Wahrnehmung körperlicher Erscheinungen beruht daher auch unsere Ueberzeugung von der Existenz einer Körperwelt ausser uns. Alles Körperliche wird äusserlich durch die Sinne wahrgenommen. Was wir sonst auch wissen mögen, ohne die Sinne wissen wir von der Materie nichts. Die Ueberzeugung von ihrer objectiven Existenz steht daher auch in Verbindung mit der sinnlichen Wahrnehmung. Was die Sinne wahrnehmen, sind materielle oder körperliche Erscheinungen. Erscheinung ist Sichtbarkeit eines Gegenstandes. Darin liegt nichts ausgesagt von dem Wesen des Gegenstandes, sondern nur, dass er von uns wahrgenommen wird. Sein Dasein wird in der Anschauung erkannt, die Wahrnehmung enthüllt und offenbart das Dasein des Gegenstandes. Aber das Wesen desselben ist dadurch nicht erkannt. Denn dass die Sache so ist, wie sie uns erscheint, sagen die Sinne nicht, sondern nur dass sie uns erscheint. Alles, was wir sinnliche Eigenschaften der Körper nennen, sind nur Erscheinungsarten der Körper für die Sinne. Für jeden Sinn hat der Körper andere Eigenschaften oder jedem Sinn erscheint er anders. Der Körper repräsentirt sich jedem Sinne in anderer Weise. Dem Auge erscheint Alles, was sich ihm vorstellt, als licht, hell, dunkel, farbig, dem Ohr als Ton, Schall, Laut, der Nase als Geruch und Gestank, dem Geschmacke als bitter, süss, sauer, dem Gefühle als hart, weich, rauh, glatt, kalt, warm u. s. w. Der Körper hat daher so viele Erscheinungsweisen, als das sinnbegabte Wesen Sinne hat. Für uns stellt er sich daher in fünffacher Erscheinungsweise dar.

Die Sinne enthalten daher auch das erste Maass für den Begriff der Körper oder der körperlichen Materie. Er ist der Gegenstand der äusseren oder sinnlichen Wahrnehmung, ein Inbegriff äusserer Erscheinung. Was uns äusserlich erscheint oder sinnlich wahrnehmbar ist, ist materiell oder körperlich. Die Sinne besitzen aber in dieser Hinsicht keinen Vorzug vor einander, sondern sie stehen sich alle gleich und keiner giebt mehr als der andere, sondern jeder Sinn giebt nur eine körperliche Erscheinungsweise zu erkennen. Man meint wohl, dass eigentlich nur der Gefühlssinn die Materie kenntlich mache und erst und nur nach seiner Auffassungsweise die der anderen Sinne gemessen und beurtheilt und der Begriff der Materie bestimmt werden müsse. Das scheint uns indess nicht richtig zu sein und würde zu einem zu engen Begriff von der Materie führen. In zweifelhaften Fällen mögen wir wohl die Wahrnehmungen der anderen Sinne durch den Gefühlssinn rectificiren. Allein wenn wir versuchen, ob etwas, das dem Gesichte sich darstellt, auch für das Gefühl wahrnehmbar ist, da beurtheilen wir eigentlich nicht die Wahrnehmung des Gesichts durch die des Gefühls, sondern haben wir vorausgesetzt, dass was ein Körper ist, nicht bloss dem einen, sondern auch dem anderen Sinn erscheine, wenn gleich stets in anderer Weise. Wir haben da nur vorausgesetzt, der Körper sei ein Inbegriff äusserer Erscheinungen. Bei vielen anderen Gegenständen ist eine Rectification durch den Gefühlssinn gar nicht möglich, wie bei den Himmelskörpern, die nur dem Gesichtssinn erscheinen. Die

übrigen Sinne bezeugen in derselben Weise körperliche Erscheinungen, wie der Gefühlssinn. Wir zweifeln nicht, dass etwas Körperliches vorhanden ist, wenn wir einen Schall hören, einen Duft riechen, oder etwas schmecken. Auch diese Sinne dienen zur Beurtheilung körperlicher Erscheinungen, ebenso wie der Gefühlssinn, der ebenso eigenthümlich und unübertragbar die Erscheinungen auffasst, wie die anderen Sinne. Die materielle Welt würde nur ein Theil ihrer selbst sein, wenn blos der Gefühlssinn der Maassstab ihres Begriffes wäre. Es ist dem Idealismus eigen, äusserlich wahrnehmbare Gegenstände anzunehmen, die nicht materiell und körperlich, sondern halbesweges wenigstens schon geistig sein sollen, wie das Licht oder die Elektricität, welche er als blos geistige Kräfte und als Mittelglieder zwischen der blossen Materie und dem selbstbewussten Geiste darstellt. Solche Mittelglieder giebt es aber nicht. Das Licht und die Elektricität, weil sie äusserlich wahrnehmbar sind, sind deshalb auch materiell, da der Begriff der Materie nicht enger sein kann, als das Erscheinungsgebiet aller Sinne. Man nennt auch wohl die Imponderabilien nicht wahrnehmbare Stoffe. Sie sind aber in demselben Sinne wahrnehmbare Stoffe, wie die ponderablen Stoffe dies sind, denn nur durch ihre Erscheinung für die Sinne wissen wir überhaupt etwas von ihnen. Wenn gewisse Stoffe noch dazu in verschiedenen Zuständen ihrer Aggregation nicht von jedem Sinne in der gleichen Weise wahrgenommen werden, so ändert dies doch nichts an dem allgemeinen Begriffe der körperlichen Materie, dass sie das sinnlich Wahrnehmbare ist. Wir besitzen kein anderes Maass für den Begriff der Materie als die sinnliche Wahrnehmung, durch die sie zuerst erkannt wird.

§ 101. Ueberzeugt sein von der objectiven Existenz der Materie können wir nur, wenn die sinnliche Wahrnehmung wirklich stattfindet. Ist dies aber der Fall, so ist auch jene Ueberzeugung begründet

Wenn die Ueberzeugung von dem Dasein einer materiellen Welt ausser uns auf ihrer Wahrnehmung beruht, so muss diese Wahrnehmung unzweifelhaft und gewiss stattfinden, wenn jene Ueberzeugung begründet sein soll. Denn wenn ihr Stattfinden zweifelhaft wäre, so würden auch alle Schlüsse aus ihr unstatthaft sein. Gegen solche Zweifel scheint es uns daher nothwendig, die äussere Wahrnehmung festzustellen. Diese Zweifel würden aber berechtigt sein, wenn es gewiss wäre, dass die Sinne nur sich selbst, ihre Zustände und Thätigkeiten wahrnehmen könnten. Wenn dies wahr wäre, so würde es überall keine directe Wahrnehmung körperlicher Erscheinungen geben, und die Vorstellungen von den Körpern würden nicht aus ihrer Wahrnehmung, sondern aus anderen Vorgängen, Kräften und Vermögen in der Seele entspringen. Der Körper selbst würde auch nur ein Gedankending, eine blosse Vorstellung der Seele sein. Welche Anlässe und Motive sie auch bestimmte, eine solche Vorstellung sich zu bilden, niemals würde sie doch die Ueberzeugung fassen können von der Existenz des Körpers, da diese stets auf einer Wahrnehmung sich gründet. Die Körper sind nothwendig blosse Gedankendinge, wenn es

keine äussere Wahrnehmung giebt, und die Wahrnehmung nur eine innere sein soll. Nun ist es allerdings richtig, dass wir nicht körperliche, sondern nur geistige Thätigkeiten des Denkens, Vorstellens, Urtheilens u. s. w. in uns wahrnehmen. In uns nehmen wir die Vorstellung von einem Körper, ihn selbst aber nicht wahr. Wer einen äusseren Gegenstand in sich selbst meint wahrnehmen zu können, ist nicht gesunden Geistes. Hieraus scheint uns aber zu folgen, dass alle Vorstellungen von den Körpern nur aus einer äusseren Wahrnehmung stammen können und eine solche voraussetzen. Denn wenn nichts Körperliches innerlich wahrnehmbar ist, so wissen wir nicht, wie die Seele zur Vorstellung von einem Körper gelangen konnte, wenn es keine äussern, sondern nur innere Wahrnehmungen giebt. Wir vermögen etwas Körperliches nicht einmal als in uns seiend uns vorzustellen, sondern stellen es stets als ausser uns seiend vor, weil alle Vorstellungen von den Körpern aus ihrer äusseren Wahrnehmung stammen, die daher doch unzweifelhaft stattfinden muss. Es ist richtig, dass nichts Körperliches innerlich wahrnehmbar ist. Selbst nicht einmal die Eingeweide unseres eigenen Körpers vermögen wir in uns wahrzunehmen. Wer durch innere Wahrnehmung die Eingeweide seines Körpers meint beschauen zu können, täuscht sich ebenso wie der, welcher meint, einen anderen Körper in sich wahrnehmen zu können. Wir brauchten keine Anatomie und Physiologie, wenn es eine innere Wahrnehmung des Körpers gäbe, sie müssten durch Psychologie ersetzt werden können. Daraus folgt aber derselbe Schlusssatz, dass die Vorstellungen, welche wir von den Eingeweiden unseres eigenen Körpers haben, in der Seele unmöglich wären, wenn es keine äussere, sondern nur innere Wahrnehmung gäbe. Wenn die Seele daher, wie man meint, nur sich selbst, ihre Zustände und Thätigkeiten wahrnehmen kann, so vermag sie auch keine Vorstellungen von Körpern in sich zu erzeugen; besitzt sie sie aber dennoch, so ist auch jenes Axiom nicht richtig, dass es nur eine innere und keine äussere Wahrnehmung giebt. Um dies Axiom aber durchzuführen, hat man versucht, die äussere Wahrnehmung der Sinne als eine innere Wahrnehmung zu deuten und aufzufassen. Auch die Sinne sollen nur sich, ihre eigenen Zustände wahrnehmen. Diese Interpretation und Deutung der äusseren Sinneswahrnehmung ist aber nur eine Hypothese zur Durchführung jenes Axioms, und in Wahrheit eine Entstellung der Thatsachen. Das Auge sieht hell und dunkel vor und ausser sich, aber nicht in und hinter sich. Das Auge oder die Seele nimmt nicht sich selbst als blau, roth, weiss, sondern etwas anderes ausser sich nimmt sie so wahr. Nicht sich selbst, sondern einen Gegenstand ausser ihr nimmt die Seele wahr als hart und weich. Um das gewagte Axiom, dass es nur innere Wahrnehmung giebt, durchzuführen, nimmt man aber auch zu der Hülfshypothese Zuflucht, dass ursprünglich die Seele und die Sinne sich selbst oder ihre Zustände wahrnehmen. Wenn die Seele jedoch ursprünglich diese, wie uns scheint, üble Gewohnheit gehabt hat, sich selbst leuchtend, tönend, warm, hart und bitter wahrzunehmen, so muss sie sich doch später von dieser Unart wieder entwöhnet haben, was wir insofern zugleich beklagen, da sie in jener Zeit zugleich die ihr gebotene Gelegenheit nicht benutzt hat, bei allem ihren Lichte auch zugleich den Bau und die Function

des Auges gehörig zu betrachten, sonst aber in der Ordnung finden, da in Wahrheit die Wahrnehmung der fünf Sinne keine innere, sondern nur eine äussere ist, die ohne Zweifel, wie uns scheint, doch stattfindet. Der Grund davon, dass es äussere und innere Wahrnehmung giebt, liegt in der Seele selbst. Denn das, was sie selbst ist und thut, kann sie auch in sich wahrnehmen und nimmt sie als etwas Geistiges wahr; was sie aber selbst nicht ist, ein Körper, kann sie auch nicht in sich, sondern nur ausser sich wahrnehmen. Aeussere Wahrnehmungen körperlicher Erscheinungen werden also in jeder Seele sich finden, die nicht das All der Dinge, das Universum selbst ist und hervorbringt. Das, was die Seele selber nicht ist und selbst nicht thut, das kann sie nur ausser sich wahrnehmen und sie nimmt es direct stets nur als etwas Körperliches wahr. Ihre Ueberzeugung von dem, was ausser ihr ist, beruht daher auch mit Recht auf der Wahrnehmung desselben, die wirklich stattfindet. Gäbe es nur eine innere Wahrnehmung, müsste die Seele das Universum, was sie erkennt, selbst sein und hervorbringen. Da wäre nur sie und ausserdem nichts. Hätte sie aber dennoch Vorstellungen von Körpern, so würde, da sie diese Vorstellungen nicht aus sich haben kann, auch etwas ausser ihr existiren und agiren, wovon sie nur durch eine äussere Wahrnehmung Vorstellungen erwerben kann. Aeusserlich wahrnehmbar sind aber nur Körper. Giebt es also Vorstellungen von Körpern in uns, so giebt es nicht eine blos innere, sondern auch eine äussere Wahrnehmung, worauf die Ueberzeugung von ihrem Dasein allein sich gründet. Wenn äussere Wahrnehmungen wirklich stattfinden, in innerer Wahrnehmung nichts Körperliches erkennbar und alle Vorstellungen daher von den Körpern aus der äusseren Wahrnehmung stammen, so ist auch die Ueberzeugung von der objectiven Existenz der Materie ausser uns dadurch begründet und gerechtfertiget. Die äussere Wahrnehmung kann nicht durch die innere ersetzt und auf sie reducirt werden. Bezeugt die innere Wahrnehmung das Dasein einer geistigen Welt in uns, so bezeugt auch die äussere das Dasein einer materiellen Welt ausser uns.

§. 102. Von der wirklich stattfindenden äusseren Wahrnehmung, nicht aber von der Denkbarkeit des Begriffes der Materie, hängt die Ueberzeugung von ihrem Dasein ab.

Die Ueberzeugung von der objectiven Existenz der Materie hängt nicht, wie eine blos rationalistische Philosophie meint, von der Denkbarkeit ihres Begriffes ab, sondern von der wirklich stattfindenden äusseren Wahrnehmung. Wenn überall nicht sein kann, was sich widerspricht, und von aller Existenz es gilt, dass ihr Gedanke keinen Widerspruch n sich enthält, so muss doch zuerst etwas sein wenn dies Axiom gültig sein soll, denn wenn überall gar nichts ist, kann sich auch nichts widersprechen. Jeder Widerspruch ist nur ein Widerspruch gegen das Sein, welches gedacht wird. Jenes Axiom gilt nicht von dem, was nicht ist, sondern von dem Sein, welches wirklich ist. Von diesem wird vorausgesetzt, dass in dem Gedanken desselben kein Widerspruch enthalten ist. Damit aber der Gedanke überhaupt sein Axiom aufstellen kann, muss ihm ein Sein schon

gegeben sein und die erste Setzung des Seins für das Bewusstsein ist die Wahrnehmung. Von dem wahrgenommenen Sein gilt, dass es ohne Widerspruch denkbar ist. Es ist daher verkehrt, im voraus über die Realität der Wahrnehmung abzuurtheilen, weil man in dem Gedanken von ihrem Gegenstande Widersprüche findet. Daraus folgt nur, dass wir unsere Vorstellungen von den Gegenständen der Wahrnehmungen umändern müssen, bis sie mit sich übereinstimmen, nicht aber, dass die Realität der Wahrnehmung nach ihnen zu bemessen sei. Wenn Widersprüche in unserem Begriffe von der Materie sein sollten, so folgt nicht daraus, dass die äussere Wahrnehmung ohne Realität ist, sondern nur, dass wir unsere Begriffe zu ändern haben, bis das denklich ist, dessen Dasein die Wahrnehmung bezeugt. Die Ueberzeugung der Realität, welche ihr inne wohnt, hat sie nicht vom Denken zu Lehn, sie ist ihr eigener Besitz. Der Gedanke vermag daran auch gar nichts zu ändern; denn alle seine Profundirungen sind ihr gegenüber nutzlose und vergebliche Bemühungen. Er muss sich nach dem Sein richten, das die Wahrnehmung bekannt macht, sie richtet sich nicht nach ihm. Mag man das Wunder der Wahrnehmung in ihren Erscheinungen und Offenbarungen, die sie dem Bewusstsein zuführt, erklären können oder nicht, ihre Thatsache selbst bleibt doch gleich gross.

§. 103. Materie und Geist sind entweder beide Erscheinungen, oder beide Substanzen, oder verschiedene Attribute und Erscheinungen einer Mehrheit von Substanzen. Unzulässig ist nur die Annahme, dass Materie und Geist Erscheinungen von einander sind.

Da jede Erscheinung eine Relation einer Sache zum Bewusstsein ist, so ist es freilich leicht, von den sinnlichen Eigenschaften der Körper nachzuweisen, dass sie nur relativer Art sind, oder nur ein Verhältniss ausdrücken, und dass daher auch Härte, Farbe, Ton, Wärme nichts an sich, sondern gerade ein Verhältniss entweder in directer oder indirecter Beziehung auf ein sinnbegabtes Wesen ausdrücken. Aus dieser Relativität aller Erscheinungen oder sinnlichen Eigenschaften der Körper folgt aber nicht, dass die Materie nur Erscheinung oder nur eine Relation zu uns sei. Denn Erscheinung giebt es nicht ohne ein Sein, das erscheint, und eine Relation nicht ohne Dinge, die im Verhältnisse zu einander stehen. Daher ist es auch unmöglich, die Materie gleichsam in blosse Erscheinungen und Relationen aufzulösen. Erscheinung ist nicht möglich, ohne eine existirende Sache, die uns erscheint, und ohne ein geistiges Wesen, welches die Erscheinung wahrnimmt. Ist die Erscheinung das Verhältniss des einen zum anderen, so sind auch die Materie und der Geist die Elemente und Bedingungen aller Erscheinungen. Ist es nicht möglich, dass Erscheinungen sind, wenn kein Geist existirt, so sind Erscheinungen auch nicht möglich, wenn keine Materie objectiv existirt. Schliessen wir richtig aus der inneren Wahrnehmung auf die Existenz des Geistes, so schliessen wir mit demselben Recht aus der äusseren Wahrnehmung auf die Existenz der Materie. Das Wesen, dem Alles erscheint und das keinem anderen als sich selbst er-

scheint, ist der Geist. Der Gegenstand aber, der einem anderen erscheint, sich selber aber nicht erscheint, ist die Materie und der Körper. In aller Erscheinung ist die Duplicität von Geist und Materie vorausgesetzt. Sie ist die Thatsache der Erfahrung, ohne die es keine Erfahrung giebt. Die Existenz des einen Elementes aller Erfahrung, der Materie, ist ebenso gewiss, wie die Existenz ihres andern Elementes, des Geistes. Die sinnliche Wahrnehmung selbst ist nicht möglich ohne Geist und Materie, ohne das wahrnehmende Subject, welches von seinen Thätigkeiten nur in sich weiss und die nicht ausser ihm wahrnehmbar sind, und ohne den Gegenstand, den es nur ausser sich, aber nicht in sich wahrnimmt. Wenn die Materie in der Erscheinung ist, so ist auch der Geist in der Erscheinung, da ebensowohl das in der Erscheinung ist, welches erscheint, die Materie, wie das, dem sie erscheint, der Geist. Wenn wir nun alle Erscheinungen aus diesen beiden Elementen bestehen lassen, so scheint es, dass wir damit sowohl den Geist, wie die Materie nur zu einer Relation machen, und beide gleichsehr nur Erscheinungen wären. Gegen diese Auffassungsweise haben wir auch nichts einzuwenden. Ob man Geist und Materie als zwei Substanzen oder als zwei Erscheinungen ansieht, das ist wenigstens an diesem Orte gleichgültig, nur die Meinung können wir nicht billigen, dass nur eines von beiden Substanz und das andere Erscheinung sei. Denn diese idealistischen und materialistischen Denkweisen sind gleichsam gegen jede Erfahrung und alle Begriffe, die aus ihr geschöpft werden. Denn die Thatsache aller Erfahrung ist die Dualität von Geist und Materie, ohne die keine sinnliche Wahrnehmung möglich ist, denn alles Körperliche ist nur äusserlich und nicht innerlich, alles Geistige aber nur innerlich, aber nicht äusserlich wahrnehmbar. Wäre nur das eine Substanz und das andere nur Erscheinung, so müsste entweder das Körperliche innerlich oder das Geistige äusserlich wahrnehmbar sein, oder, was dasselbe ist, Erscheinungen müssten möglich sein entweder ohne etwas, das erscheint, oder ohne etwas, dem es erscheint. Durch eines der beiden Elemente ist aber keine Erscheinung möglich, sie ist nur möglich, wenn beide Geist und Materie sind. Sieht man daher auch beide, Geist und Materie, nur als Relationen oder als Erscheinungen an, so folgt daraus doch, dass nicht Ein Seiendes, sondern nothwendig eine Zweiheit oder Vielheit des Seienden angenommen werden muss. Will man nun sagen, jedes der vielen Seienden oder Dinge, die in Relation zu einander als Geist und Materie sich darstellen, seien beides, oder das eine sei dies und das andere jenes, so erscheinen uns von dem Standpunkte, den wir hier einnehmen, beide Annahmen zulässig. Nur darauf kommt es an, dass man nicht wähnt, man könne den Inhalt der einen Wahrnehmung, auf den der anderen reduciren und ihn dadurch ersetzen. Dies halten wir für unmöglich. Die Erkenntniss der äusseren Natur ist nicht auf dem Wege des Idealismus durch Psychologie, und die Erkenntniss der inneren Natur ist nicht auf dem Wege des Materialismus durch Physik und Chemie möglich. Das Wesen einer Sache, die uns erscheint, liegt nicht ausser ihr, sondern in ihr. Daher liegt auch das Wesen der Materie nicht im Geiste und das Wesen des Geistes nicht in der Materie, sondern beide sind beides, Substanz und Erscheinung. Die Methoden des Er-

kennens, welche der Materialismus und Idealismus anwenden, sind ebenso einseitig wie ihre Metaphysik der blos materiellen oder der blos geistigen Substanzen, die die Thatsache der sinnlichen Erfahrung nicht zulassen. Sie involvirt die Dualität von Geist und Materie entweder als zwei verschiedene Erscheinungsarten oder als zwei verschiedene Substanzen, deren eine nicht auf die andere zurückgeführt und aus ihr erklärt werden kann. Ihr Zusammenbestehen, ihre Gemeinschaft und Wechselwirkung zu erklären, ist kein Problem der Philosophie der Naturwissenschaften im engeren Sinne, welche nur zu zeigen hat, dass die Annahme einer objectiven Existenz der Materie zulässig ist, weil sie eine vom Geiste verschiedene Erscheinung oder das eine Element aller Erscheinungen ist.

§. 104. Die Dualität von Geist und Materie hat nicht blos einen subjectiven, sondern auch einen objectiven Grund.

Die Dualität von Geist und Materie hat nicht blos einen subjectiven, sondern auch einen objectiven Grund. Kant meint, es sei dafür nur ein subjectiver Grund vorhanden in der Einrichtung unseres Erkenntnissvermögens, in der Form der menschlichen Anschauung. Dadurch würde es bewirkt, dass wir alles sinnlich Wahrnehmbare uns als Körper vorstellen, alles innerlich Wahrnehmbare aber als Geist. Das hat aber keinen subjectiven, sondern einen objectiven Grund. Denn nur zwei Dinge, die einander Objecte ihrer Anschauungen sind, können sich als Körper erscheinen, nicht aber eins. Ein Wesen, das sich erscheint, kann sich nicht als Körper, sondern nur als Geist erscheinen. Wenn ein Körper sich selber wahrnehmen könnte, würde er sich nicht als Körper, sondern als Geist wahrnehmen. Zwei Wesen, die einander Object der Anschauung sind, erscheinen sich als Körper, weil sie zwei sind und in einem äusseren Verhältnisse zu einander stehen. Denn die Seele kann in sich nur wahrnehmen, was sie selber ist und thut, was sie aber selber nicht ist und thut, sondern was ausser ihr ist und geschieht, kann sie nicht in sich, sondern nur ausser sich wahrnehmen. Eine äussere Existenz aber ist ein Körper. Daher nehmen nur zwei Wesen, die Objecte ihrer Anschauung sind, sich als Körper wahr.

§. 105. Die Relativität der Materie hebt ihr Sein an sich nicht auf.

Nennt man objectives Sein Dinge an sich, die ohne alle Relation sind, so ist ein solches Sein für uns unerkennbar, da es wenigstens ein Verhältniss zu unserem Bewusstsein haben muss, um erkennbar zu sein. Das Sein, welches schlechthin nicht gewusst werden kann, ist für uns einem Nichtsein gleich, weshalb man auch besser davon schweigt, als redet. Eine Sache, die gar kein Verhältniss haben kann, existirt nicht. Der Begriff des objectiven Seins oder der Dinge an sich muss daher anders gefasst werden. An sich ist die Sache, was sie stets in allen Verhältnissen ist. Bleibt sie in allen Verhältnissen sich gleich, so ist sie das auch an sich. Wenn nun als Materie erscheint, was sinnlich oder äusserlich wahrnehmbar ist, oder wenn als Materie erscheinen

zwei Dinge, die ausser einander und im Verhältnisse zu einander stehen, so hat die Materie auch eine objective Existenz, obgleich sie ohne ein Verhältniss nicht denkbar ist. Denn wie sich auch dies Verhältniss ändern mag, die zwei Existenzen, deren jede ausser der anderen ist, stellen sich stets als Materie dar. Wie schon bemerkt, gestattet unsere Auffassung, dass man auch dieselbe Existenz als geistiges Wesen, nur nicht in derselben Beziehung ansehen kann. Sofern dieselbe ihre Thätigkeit in sich wahrnimmt, ist sie geistig, sofern aber jede von der anderen wahrgenommen wird, ist sie Materie.

§. 106. Da die Materie das eine Sein ist, welches uns fünffach erscheint, ist sie eine Substanz.

Die Materie ist das eine Sein, welches uns fünffach erscheint. Denn jeder Sinn nimmt nur eine Erscheinungsart oder Eigenschaft der Körper verschieden von jedem anderen Sinne wahr. Den Sinnen sind nur fünf körperliche Erscheinungsformen gegeben, innerhalb einer jeden derselben selbst ist jedoch noch eine unermessliche Mannigfaltigkeit von sinnlichen Erscheinungen enthalten. Jeder Sinn kennt die Materie nur nach seiner Erscheinungsform und nicht nach den Erscheinungsformen der anderen Sinne. Dass daher der Gegenstand, welcher der Hand hart und fest erscheint, derselbe ist, den das Auge als roth auffasst und das Ohr metallisch klingend hört, weiss kein Sinn. Für die Sinne existirt jeder Gegenstand nicht als einer, sondern als fünf verschiedene Erscheinungsformen. Existirt die Materie objectiv, so ist sie das eine Sein, welches uns fünffach erscheint. Diese Einheit ist nicht sinnlich, sondern nur intellectuell erkennbar. Sie ist das Sein der Materie, welches selbst keine ihrer Erscheinungen ist, der Träger ihrer Eigenschaften und daher selbst keine Eigenschaft, das Subject, wovon alle materiellen Prädicate ausgesagt werden, und daher selbst kein Prädicat, und weil sie das ist, ist sie eine Substanz. Nun aber sagt man, diese Einheit, da sie nicht sinnlich, sondern nur intellectuell erkannt wird, existire auch nur im Gedanken und nicht ausser demselben, und die Materie sei daher nichts als Erscheinung für die Sinne. Dieser Meinung aber sind wir nicht. Denn die Einheit im Begriff oder im Gedanken hat keinen Sinn, wenn die Materie nicht selbst das eine Sein ist, welches uns fünffach erscheint. Denn wäre es nicht so, so müssten auch die körperlichen Erscheinungen nicht äusserlich, sondern innerlich wahrnehmbar sein. Da dies aber nicht der Fall ist, so ist auch jene Einheit ausser uns als Materie vorhanden. Was der Gedanke zur Erklärung der gegebenen Erscheinungen nothwendig denkt, hat auch objective Existenz. Die Materie wird nothwendig als Einheit, das Sein in der Mannigfaltigkeit der gegebenen körperlichen Erscheinungen gedacht. Werden körperliche Erscheinungen äusserlich wahrgenommen, so muss auch ihre Einheit objectiv als Materie existiren. Denn wenn man den Grundsatz anerkennt, wonach wir richtig von gegebener Erscheinung auf ein Sein schliessen, so muss man auch anerkennen, dass Erscheinung und Sein zusammengehören. Giebt es körperliche Erscheinungen und haben alle Erscheinungen eine Substanz, so giebt es auch materielle Substanzen. Denn die

Substanz ist nur das Sein, als das einheitliche Subject, als der eine Träger der Erscheinungen. Kein Geist, sondern nur die Materie kann der Träger körperlicher Erscheinungen sein. Wenn Substanz und Erscheinung sich nicht entsprechen, so ist auch keine Wahrheit in der Natur, die sich und uns betrügt, wenn sie körperlich erscheint und die Materie kein objectives Dasein hat. Werfen die Dinge um sich einen materiellen Schein, so wäre die Natur ein Betrug, ein Zauberwerk, wenn die Materie nicht auch objectiv existirte. Ob man nun aber sagt, in der Wahrnehmung selbst liegt das Bewusstsein von der objectiven Existenz ihres Gegenstandes, dessen Erscheinungen sie auffasst, oder aus den Erscheinungen der Gegenstände, die wir wahrnehmen, schliessen wir auf ihr objectives Dasein als Subject und Träger der Erscheinungen, läuft ziemlich auf eins hinaus, da dieser Schluss durch die Wahrnehmung der Erscheinungen selbst bedingt ist, weshalb man auch sagen kann, dass das Bewusstsein von der objectiven Existenz in der Wahrnehmung selbst liegt. Allein auf ihr beruht daher die Ueberzeugung von einer materiellen Welt ausser uns.

§. 107. Der Realismus erkennt in der körperlichen Natur objective Wahrheit und Realität und vermag die berechtigten Elemente des Materialismus und des Idealismus in sich aufzunehmen.

Die Ansicht von der objectiven Existenz der Materie und der objectiven Wahrheit der körperlichen Natur nennen wir Realismus, nicht aber Materialismus. Denn darunter versteht man eine einseitige Ansicht über die Existenz des Geistes, dass er nur eine Erscheinung der Materie sein soll, die allein objectiv existire, womit wir es hier nicht zu thun haben. Der Materialismus ist auch keine Lehre der Naturwissenschaften im engeren Sinne, sondern ein Lehrsatz einer einseitigen Philosophie. Auch der gegenwärtige Materialismus stammt nicht aus den Naturwissenschaften, sondern aus der Philosophie. Denn längst, bevor man aus seiner Verbreitung ein Gewerbe gemacht hat, ist er von Ludwig Feuerbach [1], wie er meinte, als eine nothwendige Ergänzung zum Idealismus Hegel's gelehrt worden. Er stammt aus der Philosophie, nicht aber aus der Empirie, die nur durch sinnliche Wahrnehmung Körper durch innere, aber nur geistige Thätigkeiten uns kennen lehrt. Auch ist der Materialismus mehr eine Glaubenssache, als eine Sache der Wissenschaft. Denn bis jetzt besteht er nur in der Prophezeihung, dass einst, wenn die exacten Wissenschaften der Physik und Chemie, der Physiologie und mikroskopischen Anatomie erst weiter ausgebildet sein werden, es alsdann auch gelingen werde, die geistigen Thätigkeiten auf körperliche Vorgänge zu reduciren und sie daraus zu erklären. Bis dahin, dass diese Verheissungen sich erfüllen, werden also auch die moralischen Wissenschaften wie bisher zur Erklärung des sittlichen Lebens, die Freiheit des Willens und alle psychologischen Wissenschaften das uns innerlich wahrnehmbare Dasein des Geistes anzunehmen berechtiget sein.

---

[1] Vergl. m. Anthropologismus in der Entwicklung der Philosophie seit Kant und Ludwig Feuerbach's Anthroposophie. Leipzig 1855.

Diese Wissenschaften verfahren hiebei auch nicht anders, als die Naturwissenschaften, wenn sie zur Erklärung der körperlichen Phänomene bewegende Kräfte und materielle Substrate derselben voraussetzen. Der Materialismus läugnet die Realität der inneren Erfahrung, das Bestehen einer geistigen Welt, neben der körperlichen, der Realismus aber anerkennt sie, weil er überhaupt die Erfahrung als die Grundlage aller Erkenntnisse ansieht, und daher, wenn er die Realität der äusseren Wahrnehmung, auch die der innern Wahrnehmung anerkennt. Daher vermag er auch die wahren Elemente des Idealismus und des Materialismus in sich aufzunehmen, die nur in dem, was sie gegenseitig sich bestreiten, in ihren verneinenden Behauptungen weder mit der Erfahrung, noch mit der Wahrheit selbst in Uebereinstimmung sind. Der Realismus betrachtet die körperliche Natur als eine positive Wahrheit, die nur aus sich selbst erkannt und erklärt werden kann. Nur die blos negativen und analogen Erklärungen der körperlichen Natur, welche der Idealismus allein gestattet, muss er verwerfen, seine Annahmen aber von der Realität der inneren Erfahrung, der symbolischen Auffassung der körperlichen Erscheinung, verschiedener Grade des geistigen Daseins kann er einräumen, da die Dinge, welche einander körperlich erscheinen, sich zugleich als sich selbst erscheinend oder als geistige Wesen aufgefasst werden können.

2. Die Ausdehnung der Materie, Cartesius und die Atomistik.

§. 108. Mechanisch nennen wir die Naturansicht, welche das Wesen der Materie in ihrer körperlichen Ausdehnung findet.

Existirt die Materie als das eine Subject und der eine Träger der sinnlichen Eigenschaften und körperlichen Erscheinungen der Dinge, so fragt es sich ferner, worin ihr Wesen, oder ihr wesentliches Attribut besteht. Denn es ist nicht genug, im Allgemeinen zu wissen, dass die Materie eine Substanz ist, sondern, wenn es die Aufgabe ist, die körperlichen Erscheinungen zu erklären, muss man auch wissen oder wenigstens vermuthen, welches Attribut dieser Substanz wesentlich ist. Man kann nun aber versuchen, die körperlichen Erscheinungen zurückzuführen und zu erklären entweder aus der Ausdehnung oder aus der Bewegung der Materie und wird dann entweder in der Ausdehnung oder in der Bewegung das wesentliche Attribut der Materie annehmen. Denn blos daraus, dass die Materie eine Substanz ist, lässt sich nichts erklären, wenn man kein Attribut der Substanz kennt. Die Zurückführung und Erklärung der sinnlichen Eigenschaften der Körper auf ihre Ausdehnung und Gestalt nennen wir die mechanische Naturansicht, die dynamische aber, welche das Wesen der Materie in der Bewegung findet und daraus die sinnlichen Eigenschaften der Körper zu erklären versucht. Diesen Sprachgebrauch werden wir später rechtfertigen. Hier kommt es uns zunächst nur darauf an, diese beiden denkbaren Versuche einer immanenten Naturerklärung, die entweder in der Ausdehnung oder in der Bewegung das wesentliche Attribut der Materie findet, durch ein Wort zu bezeichnen. Wir betrachten zuerst die mechanische Naturansicht, welche das Wesen der Materie in der Ausdehnung findet.

§. 109. Die Ausdehnung ist ein objectives Attribut der Materie, das nur mit der Hülfe des Gedankens erkannt wird. Auch die Apriorität der geometrischen Erkenntnisse giebt davon einen Beweis. Als ein blos sogenanntes Phänomen unserer Anschauungsart lässt sich die Ausdehnung nicht betrachten.

Die Ausdehnung ist als ein wesentliches Attribut der Materie aufgefasst worden, weil sie keine blos sinnliche Eigenschaft der Körper ist. Denn dass diese nicht das Wesen der Materie ausmachen, versteht sich von selbst. Sie sind nur die Erscheinungen, welche eine Erklärung fordern. Ihre Erklärung kann aber nur versucht werden aus einem Attribute der Materie, welches kein bloss sinnliches ist, wie dies bei der Ausdehnung der Fall ist. Es muss daher zuerst gezeigt werden, dass die Ausdehnung mehr als eine blos sinnliche Eigenschaft der Körper ist. Dies lässt sich nun, wie uns scheint, leicht nachweisen. Es giebt keinen Sinn für die Ausdehnung, wie für das Licht, für den Schall, für die Härte und Wärme. Da es keinen besonderen Sinn für die Ausdehnung giebt, so ist sie auch nicht eine der besonderen, sondern eine allgemeine Eigenschaft der Körper und kann daher als das wesentliche Attribut der Materie, ohne das sie nicht existirt, gedacht werden. Von den blos sinnlichen Eigenschaften ist aber keine eine allgemeine Eigenschaft der Materie, da sie alle nur besonderen Erscheinungsformen derselben sind. Von den drei Dimensionen der körperlichen Ausdehnung sind nur zwei, die Länge und die Breite, sichtbar, die dritte Dimension aber, die Dicke, ist nur mit der Hülfe des Gedankens wahrnehmbar. Wir sind es gewohnt, zu meinen, dass wir die Körper nach drei Dimensionen ausgedehnt sehen. Wir sehen aber stets nur Flächen und denken die dritte Dimension, indem wir zwei wahrnehmen, hinzu. Da wir nicht um die Kanten eines Körpers herumsehen können, so ist ihre Dicke unsichtbar. Erschliessen können wir sie wohl, aber nicht direct wahrnehmen. Freilich, wir können den Körper umdrehen oder um ihn herumgehen und bekommen dann andere Seiten und Flächen, aber doch nicht seine Dicke zu sehen. Erinnern wir uns auch, indem wir die hintere Seite des Körpers sehen, seiner vorderen Seite, so haben wir doch stets nur Flächen, zwei Dimensionen, aber nicht die dritte gesehen. Sie ist direct nicht sichtbar, sondern nur mit der Hülfe des Gedankens. Was sichtbar ist, lässt sich zeichnen, aber die Zeichnung kann nur zwei Dimensionen direct und die dritte nur indirect darstellen. Soll das Gezeichnete als Körper nach drei Dimensionen ausgedehnt gesehen werden, muss der Gedanke zur Hülfe kommen, der allein die dritte Dimension inne hat. Wir sehen stets, wie wir durch ein Stereoskop sehen, nur zwei Dimensionen und denken, wenn wir jene wahrnehmen, die dritte hinzu, falls wir nicht, wie bei Gemälden, absichtlich von der dritten Dimension abstrahiren. An der wirklichen Körperwelt ist ebenso viel wie an einem Gemälde und nicht mehr sichtbar, zwei Dimensionen, aber nicht die dritte. Auch fühlen lässt sich die dritte Dimension der Dicke nicht, sondern nur nach dem Gefühle beurtheilen und schätzen. Sie ist keine sichtbare Qualität der Körper. Wir fühlen den Druck, die Härte, die Festigkeit u. s. w., dass der Körper aber

eine Dicke hat, denken wir hinzu. Hieraus schliessen wir, dass die körperliche Ausdehnung ein objectives Attribut der Materie ist. Was nur nach einer oder zwei Dimensionen ausgedehnt ist, ist kein Körper, sondern nur ein Schein, wovon wir voraussetzen, dass, wenn ihm ein objectives Dasein zu Grunde liegt, dasselbe auch eine dritte Dimension hat. Weil die Ausdehnung ein objectives Wesen der Materie ist, sind die Wahrheiten der Geometrie auch allgemeine und nothwendige.

Nach Cartesius und der Atomistik macht die Ausdehnung das Wesen der Materie aus. Dafür konnten sie sie erkennen, weil sie eine intellectuelle objective Eigenschaft der Körper ist. Die einfachen Körper der Atomistik, die aus irgend einem Grunde nicht weiter getheilt werden können, die Atome, haben ihr Wesen in ihrer Gestalt, also in der Ausdehnung und ihren Modificationen. Cartesius und seine Schule Geulincx, Malebranche und Spinoza finden das Wesen der Materie in der Ausdehnung. Mit dieser Lehre wird auch zuerst der Idealismus überschritten. Er meint, die Materie habe ihr Wesen nur in ihren sinnlichen Eigenschaften und sie sei daher blos eine Erscheinung. Für eine objective Existenz muss sie aber gehalten werden, wenn ausserdem noch die Ausdehnung ihr Attribut ist, da sie keine blos sinnliche Eigenschaft ist. Daher steht die Naturphilosophie, welche in der Ausdehnung das Wesen der Materie findet, auch nicht auf dem Standpunkte des Idealismus. Die Cartesianer, wie die Atomisten suchten daher auch, soviel sie konnten, die sinnlichen Eigenschaften der Materie auf die Modificationen ihrer Ausdehnung zurückzuführen.

Nun hat aber Kant behauptet, die körperliche Ausdehnung sei nichts Objectives, sondern nur etwas Subjectives, das nur abhängig sei von der Einrichtung unseres Erkenntnissvermögens, daher soll sie selbst nur ein Phänomen und sonst nichts sein. Kant meinte, dass wir etwas als körperlich ausgedehnt wahrnehmen, habe seinen Grund nicht in den Dingen selbst, sondern nur in der Form, in der Art und Weise, wie wir sie anschauen. Durch die Form unserer Anschauung werde es bewirkt, dass die Dinge an sich, welche ohne körperliche Ausdehnung sind, doch uns körperlich ausgedehnt erscheinen, ebenso wie wir einen Gegenstand, der dem Auge zu nahe rückt, doppelt sehen, ohne dass er selbst zweimal vorhanden ist. Die Idealisten nehmen an, dass alle sinnlichen Eigenschaften nur subjective sind, was, wie wir gesehen haben, nicht ganz zutreffend ist, da sie doch auch einen objectiven Grund in der äusseren Existenz haben müssen, ohne die sie nicht wahrnehmbar sind. Kant aber betrachtete dann auch die allgemeine Eigenschaft der Körper, wofür wir keinen besonderen Sinn haben wie eine blosse subjective sinnliche Eigenschaft, als ein blosses Phänomen, das keinen objectiven, sondern nur einen subjectiven Grund habe. Wäre diese Lehre richtig, würden offenbar die Cartesianer, wie die Atomisten sich getäuscht haben, wenn sie in der körperlichen Ausdehnung ein objectives Wesen der Materie annahmen, und ebenso, scheint uns, täuscht sich dann die Geometrie, wenn sie sich als eine Wissenschaft allgemeiner und nothwendiger Wahrheiten ansieht.

In den Wahrheiten der Geometrie, die *a priori* gelten, lag abe für Kant

das Motiv, welches ihm zu der Annahme führte, die körperliche Ausdehnung sei nur ein Phänomen unserer Anschauungsart. Denn er meinte, die Apriorität einer Erkenntniss lasse sich nur aus den subjectiven Gründen, den Formen des Erkennens, ableiten. *A priori* seien die Erkenntnisse, welche unabhängig von dem Inhalte des Erkennens allein aus seiner Form entspringen. Denn die Formen des Anschauens und Denkens seien bei allen Menschen dieselben und die Erkentnisse, welche hieraus entspringen, finden sich daher auch unabhängig von allen Objecten des Erkennens allgemein und nothwendig bei allen Menschen. Daraus ergiebt sich dann als richtige Folgerung, dass das, was in unserem Erkennen nur von seiner subjectiven Form abhängt, nur ein Phänomen ist und kein objectives Dasein. Denn was in unserem Erkennen blos von unserem Standpunkte und den Einrichtungen des Erkennens entspringt, ist nicht ausser, sondern nur im Erkennen vorhanden oder nur ein Phänomen. Die Annahme, dass die körperliche Ausdehnung nur ein Phänomen unserer Anschauungsart der Dinge sei und in diesen keinen Grund habe, ist aber, wie aus obigen Angaben ersichtlich, nicht aus der Sache selbst, sondern aus der Meinung über den Ursprung der Erkenntnisse *a priori* geschöpft. Diese Ansicht erklärt aber nicht einmal den Zweck, wozu sie aufgestellt ist. Denn sie soll dienen, den apriorischen Gedanken der geometrischen Wahrheiten zu erklären. Sie macht aber aus diesen Wahrheiten nur angeborene Vorurtheile. Denn Erkenntnisse *a priori*, die blos aus subjectiven Gründen entspringen und nur Phänomene betreffen, sind, was die Erkenntniss der Objecte betrifft, wie sie an sich existiren, nur angeborene Vorurtheile, da zwischen solchen Vorstellungen und den Dingen selbst keine Uebereinstimmung stattfindet. Mit dieser Ansicht über den Ursprung der Erkenntniss *a priori* ist nicht verträglich die Thatsache der geometrischen Wahrheiten, welche, da sie allgemein und nothwendig gültig sind, objective Wahrheiten sind. Ihre Wahrheiten sind die objectiven der Natur, sofern sie nichts als körperliche Ausdehnung ist. Wäre sie ein blos subjectives Phänomen unserer Anschauungsart ohne objectiven Grund in dem Gegenstande der Anschauung, so würden auch die Wahrheiten der Geometrie nicht allgemein und nothwendig, sondern nur besonderer und zufälliger Art sein. Denn was allgemein und nothwendig erkannt wird, ist objectiv wahr, hat einen objectiven Grund in dem Wesen der Sache selbst, die erkannt wird. Die Erkenntnisse der Geometrie beweisen daher, dass die körperliche Ausdehnung nicht blos ein Phänomen unserer Anschauungsart sein kann, ohne einen objectiven Grund in dem Gegenstande der Anschauung zu haben. Die Atomisten und Cartesianer haben daher Recht, wenn sie die körperliche Ausdehnung als ein objectives Wesen der Materie ansehen. Eine Erkenntniss ist auch nicht ihres Ursprunges wegen, wie Kant meinte, sondern ihrer Gültigkeit wegen *a priori*. Sie gilt aber nur allgemein und nothwendig, weil und wenn sie in dem Wesen der Sache, worauf sie sich bezieht, ihren Grund hat.

Es lässt sich aber auch direct zeigen, dass und warum die körperliche Ausdehnung nicht blos ein Phänomen unserer Anschauungsart sein kann. Wegen der Receptivität unserer Sinne sollen wir nach Kant alles, was die

Sinne empfinden, uns nothwendig als körperlich ausgedehnt vorstellen. Receptivität ist aber äussere Empfänglichkeit und setzt also voraus, dass etwas ausser und neben uns, oder überhaupt etwas ausser und neben einander existirt. Denn Receptivität für Erkenntniss kann nicht stattfinden, wenn nur ein einziges Wesen, das sich selbst wahrnimmt und also geistiger Art ist, existirt, sie kann nur stattfinden, wenn ausser dem einen mehrere Wesen und zwar ausser und nebeneinander existiren. Wenn dies aber der Fall ist, so liegt darin auch die Voraussetzung der Objectivität der körperlichen Ausdehnung. Denn wäre nichts ausser mir, würde ich davon auch nicht eine Anschauung durch Receptivität haben können, welche nur durch eine Einwirkung ausser mir entstehen kann. Wenn etwas ausser mir ist, muss es auch Grund meiner Anschauung, die ich von ihm habe, sein, und erscheint es mir also, weil meine Anschauungen receptiv sind, körperlich ausgedehnt, muss auch in dem Gegenstande der Anschauung dazu ein objectiver Grund vorhanden sein. Die zwei Dimensionen, welche sichtbar sind, mögen blos subjectiv, nur ein Phänomen sein, die dritte Dimension, die nicht sichtbar ist, setzt einen objectiven Grund in dem Sein der Materie selbst voraus. Sie ist körperlich ausgedehnt nach drei Dimensionen, weil sie ein objectives Sein ausser uns ist. Die dritte Dimension, welche der Gedanke setzt, ist das objective Sein der Materie, welches wir nothwendig denken, indem nur die anderen Dimensionen wahrgenommen werden und wovon wir bei einem Gemälde willkürlich abstrahiren. Sollte aber Receptivität für Erkenntnisse stattfinden, wie der Idealismus wohl meint, ohne ein äusseres Sein, so würde sie auch nur eine Hemmung des Erkennens, eine blosse Negation sein, die, da sie keinen Grund ausser uns hat, nur Selbsthemmung des Geistes sein kann, was er dann wunderlicher Weise doch als Materie ansieht. Wir haben aber schon gezeigt dass dieser Begriff einen Widerspruch enthält, den wir verwerfen müssen. Ist Receptivität der Anschauung aber nicht blos Hemmung und Selbsthemmung des Denkens, so giebt es auch ein äusseres Sein, worin die körperliche Ausdehnung auch einen objectiven Grund hat.

Wenn man nun berechtiget ist, die Ausdehnung als ein objectives Attribut der Materie aufzufassen, so ist auf dieser Grundlage eine zweifache Naturansicht möglich, nämlich die Atomenlehre im engeren Sinne und der Cartesianismus. Nach beiden besteht das Wesen der Materie in der Ausdehnung. In der Richtung der Naturphilosophie, welche von Cartesius ausgeht, wird aber die körperliche Ausdehnung als eine ursprüngliche Einheit, in der Atomenlehre aber als eine ursprüngliche Vielheit des Seienden aufgefasst. Die Naturansicht aber, welche sich auf der Annahme gründet, dass das Wesen der Materie in der Ausdehnung liegt, ist eine rein und ausschliesslich mechanische. Dies gilt sowohl von der Naturansicht des Descartes, wie von der der corpuscularen Atomenlehre. Wir werden nun zuerst die cartesianische Auffassung von der Körperwelt, dann die der Atomenlehre und zuletzt die reine mechanische Naturansicht, worin beide mit einander übereinstimmen, betrachten.

a. Der Cartesianismus.

§. 110. Körperliche Ausdehnung ist nicht ohne Multiplicität möglich. Eine einzige Substanz für sich kann nicht körperlich ausgedehnt gedacht werden.

In dem Begriffe der Ausdehnung liegen die beiden sie constituirenden Momente des stetigen Zusammenhanges und der Vielheit. Da das Ausgedehnte seinem Begriffe nach theilbar ist, so wird darin auch stets eine reale oder virtuelle Vielheit gedacht. Was theilbar ist, ist auch zusammensetzbar und muss daher als ein Vieles in sich vorgestellt werden. Ohne Multiplicität keine Ausdehnung. Andererseits aber liegt in ihr auch das Moment des ununterbrochenen Zusammenhanges, weil der unterbrochene Zusammenhang des Ausgedehnten selbst nur durch eine Ausdehnung messbar und vorstellbar ist. Ohne Continuität keine körperliche Ausdehnung. Multiplicität und Continuität sind daher die wesentlichen Momente der Ausdehnung, die nur zusammen sie constituiren. Es ist nun aber möglich, das eine Moment der Ausdehnung in dem Grade hervorzuheben, dass das andere dadurch verschwindet und zu einem blossen Schein herabgesetzt wird. Hierauf beruht theils die Naturansicht der älteren Atomistik, theils die, welche von Cartesius und durch Geulincx und Spinoza am folgerichtigsten ausgebildet worden ist. Die letztere hebt in dem Grade das Moment der Continuität an dem ausgedehnten Universum hervor, dass darin alle Vielheit verschwindet; und die ältere Atomistik betont das Moment der Vielheit so stark, dass die Continuität der ausgedehnten Materie dadurch zum blossen Sinnenschein wird.

Das Moment der Vielheit in dem ausgedehnten Universum hat nicht Cartesius selbst, wohl aber Spinoza und Geulincx aufgehoben. Sie stellen den gesammten Weltkörper sich als ein Atom oder als ein untheilbares, in sich begrenztes und abgeschlossenes Individuum vor, denn die einzelnen Körper sollen ausser in unserer Vorstellung kein selbständiges Dasein haben, weil zwischen allen einzelnen Körpern ein ebenso continuirlicher Zusammenhang der Ausdehnung ist, wie in jedem einzelnen. Die einzelnen Körper sind nur Modificationen des Einen Weltkörpers. Alle körperliche Ausdehnung soll also in eine untheilbare substantielle Einheit zusammenfliessen. Untheilbar und also absolutes Maximum der Ausdehnung ist das körperliche Universum als Ganzes, theilbar sind nur die einzelnen Körper, die wir aber nur in der Imagination als selbständig denken, da sie in Wahrheit nur als Modificationen der einen unendlichen Ausdehnung der Welt existiren. Da sie das untheilbare Maximum der Ausdehnung ist, so sollen wir auch nur bei den einzelnen Körpern, nicht aber bei dem unermesslichen Weltkörper von drei Dimensionen sprechen können. Das untheilbare Maximum der körperlichen Ausdehnung ist ohne Vielheit und ohne Dimensionen.

Uns scheint hieraus nun aber noch etwas anderes zu folgen, und zwar zunächst, dass eine körperliche Ausdehnung ohne Dimensionen und jede Vielheit auch nicht mehr körperliche Ausdehnung ist. Wir denken da in der That nur noch den Begriff einer untheilbaren Einheit und zwar ohne körperliche Aus-

dehnung. Wenn alle ausgedehnten Körper der Welt in dem Grade in eine untheilbare Einheit zusammenfliessen, dass diese Einheit nun keine Dimensionen mehr hat und eine Vielheit in ihr nur noch imaginär ist, so liegt darin die Aufhebung des Prädicates der Ausdehnung. Aber noch ein Zweites ergiebt sich hieraus. Denn das Zusammenfliessen aller körperlichen Ausdehnung in eine untheilbare Einheit, wie GEULINCX und SPINOZA wollen, involvirt auch die Annahme von nur Einer körperlichen Substanz. GEULINCX denkt die ganze körperliche Welt als eine einzige Substanz neben Gott und den endlichen Geistern, SPINOZA aber denkt sie als das eine Attribut der einzigen Substanz, die er überhaupt kennt. Giebt es aber überhaupt eine Eine oder nur Eine körperliche Substanz, so ist die Ausdehnung ein unmögliches Prädicat derselben. Denn ein mögliches Prädicat ist die Ausdehnung nur, wenn es eine Mehrheit von Substanzen giebt, die ausser einander und in einem äusseren Verhältnisse zu einander existiren. Eine einzige Substanz kann nur ein Verhältniss zu sich haben und kann daher nicht körperlich ausgedehnt vorgestellt werden. Wird ihr aber doch das Prädicat der Ausdehnung zugetheilt, so wird ihr dasselbe aber durch den Zusatz, dass sie ohne Dimensionen und Vielheit ist, wieder genommen. Die Consequenzen, wozu SPINOZA und GEULINCX gelangen, sind richtig, sie heben aber den ganzen Begriff der körperlichen Ausdehnung auf, da derselbe nur unter der Voraussetzung einer Vielheit von Substanzen überall anwendbar ist. Sie wollten aber an dem Begriff der Ausdehnung nur das Moment der Continuität gelten lassen und gelangen dadurch zur Annahme einer einzigen substantiellen Einheit des körperlichen Universums, von der dann die Ausdehnung kein mögliches Prädicat mehr ist. Denn körperliche Ausdehnung ist wie ohne Continuität, so aber auch ohne Multiplicität nicht möglich.

Betrachtet man das gesammte körperliche Universum als Ein Atom, so kann demselben das Prädicat der Ausdehnung nur dann zukommen, wenn ausserdem noch ein geistiges Wesen vorhanden ist, welches das Eine körperliche Universum anschauet und denkt. Denn da in dem Einen körperlichen Universum selbst keine Vielheit und keine Dimensionen der Ausdehnung liegen sollen, bei der Betrachtung der einzelnen Körper, die an sich nur Modificationen der Einen körperlichen Substanz sein sollen, aber doch eine Vielheit und Dimensionen der Ausdehnung angenommen werden, so muss auch noch ausser dem körperlichen Universum ein geistiges Wesen vorhanden sein, durch dessen Anschauungen und Gedanken der Schein der Vielheit und der Dimensionen, welche an sich nicht vorhanden sein sollen, bewirkt wird. Nur durch die Imaginationen des betrachtenden Geistes entstehen die Vielheit und die Dimensionen der körperlichen Ausdehnung. Daraus folgt aber, dass körperliche Ausdehnung überhaupt kein mögliches Prädicat ist, wenn nicht wenigstens zwei Substanzen vorhanden sind, denn der Schein der Vielheit und der Dimensionen in der Einen körperlichen Substanz ist nur unter der Voraussetzung möglich, dass noch eine zweite denkende Substanz vorhanden ist. Ohne eine Zweiheit, d. i. ohne eine Vielheit von Substanzen, ist körperliche Ausdehnung überhaupt auch als blosses Phänomen nicht möglich. Die Annahme, dass es nur Eine Substanz, Gott, giebt, ist über-

haupt nur aus Unachtsamkeit auf das Denken möglich. Denn wenn in der Einen absoluten Substanz auch alle Vielheit verschwindet, so wird für die Betrachtung doch immer eine scheinbare, verschwindende Vielheit gesetzt. Dies ist aber nur möglich, wenn ausserdem noch ein denkendes Subject, der Mensch, vorhanden ist, durch dessen Betrachtungen die verschwindende Vielheit entsteht. Ausser dem absoluten Sein muss noch da sein ein denkendes Subject, in welchem ein Begriff von dem absoluten Sein sich entwickelt und woraus die scheinbare Vielheit, die gar nicht vorhanden sein soll, entsteht. Ein einziges absolutes Sein kann Niemand annehmen, ohne anzunehmen, dass zugleich davon ein Begriff in uns ist, da nur in Folge dieses Begriffes in uns die Annahme des absoluten Seins selbst und die scheinbare Vielheit desselben möglich ist. Denn ein Sein, noch dazu ein absolutes Sein, kann man nicht annehmen, ohne dass davon ein Gedanke in uns ist. Ein Subject aber, welches den Begriff des absoluten Seins denkt und durch dessen Betrachtungen desselben eine scheinbare Vielheit entsteht, muss selber etwas sein. Nothwendig denken wir daher eine Zweiheit oder eine Vielheit des Seienden. Soll aber einer Einzigen Substanz das Prädicat der körperlichen Ausdehnung zukommen, so ist nicht nur die Setzung einer zweiten anschauenden und denkenden Substanz nothwendig, da ohne dies keine Vielheit und keine Dimensionen der körperlichen Ausdehnung auch nur scheinbar möglich sind, sondern es muss auch ausserdem eine reale Wechselbeziehung zwischen diesen Substanzen vorhanden sein. Denn der Schein der Dimensionen und der Vielheit der körperlichen Ausdehnung lassen sich allein aus dem denkenden Subjecte nicht erklären. Denn das denkende Subject kann aus sich selber die Vorstellung der körperlichen Ausdehnung nicht hervorbringen. In sich selber kann es nur geistige Thätigkeiten wahrnehmen und Vorstellungen von geistigen Wesen erzeugen. Der Schein von Dimensionen und einer Vielheit der körperlichen Ausdehnung ist aus ihm selbst unerklärbar. Welche Anlagen das geistige Wesen auch in den Formen seines Anschauens, in dem Mechanismus seines Vorstellens besitzen mag, ohne dass Einwirkungen auf seine Sinne stattfinden, kann auch hieraus selbst jener Schein in ihm nicht entstehen. Die Einwirkung auf die Sinne sind aber selbst eine reale Wechselbeziehung. Eine solche muss stattfinden, wenn selbst aus einer Vielheit von Substanz körperliche Ausdehnung erklärbar sein soll. Die blosse Vielheit genügt nicht. Denn wenn keine Einwirkung auf die Sinne stattfindet, kann selbst der Schein der körperlichen Ausdehnung in dem geistigen Wesen nicht sein. Körperliche Ausdehnung setzt daher nicht nur stets objectiv eine Vielheit von Substanzen voraus, sondern auch, dass diese Substanzen eine reale Wirksamkeit auf einander ausüben. Soviel Schein auch immer in der Körperwelt angenommen werden mag, der blos aus unserer Betrachtung derselben entsteht, sie selber ist nicht möglich ohne eine Vielheit von Substanzen, welche in realer Wirksamkeit und also in einem Zusammenhange miteinander stehen.

b. Die Atomistik.

§. 111. Das Wesen und die Modificationen der Atomenlehre.

Die Atomistik bildet mit der cartesianischen Auffassung von dem körperlichen Universum insofern einen directen Gegensatz, als sie die körperliche Ausdehnung in eine Vielheit ohne Continuität sich aufgelöst denkt. An dem Begriffe der Ausdehnung verschwindet in der Schule des Cartesius das Moment der Vielheit, in der Atomistik aber das der Continuität. Die Atomistik im engeren Sinne stimmt jedoch mit Cartesius darin überein, dass beide in der Ausdehnung selbst das Wesen der Materie finden. Die Atomenlehre hat aber, wie die Geschichte der Naturphilosophie beweist, so verschiedene Ausbildungen erlangt, dass es nothwendig sein wird, bevor wir in ihre Grundbegriffe selbst weiter eingehen, vorher diese Modificationen vorzuführen und nachzuweisen, worin sie mit einander übereinstimmen und von einander abweichen.

Eine Hauptdifferenz zeigt sich nun zuerst in der Auffassung von dem Wesen der Atome. Zuerst hat man die Atome sich vorgestellt als einfache Körper von einer bestimmten und unveränderlichen Gestalt, die völlig undurchdringlich und hart sind, fest und starr ihren Raum ein für allemal stetig erfüllen. Da die Atome absolute Minima der Ausdehnung und deshalb von unsichtbarer und unermesslicher Kleinheit sind, können sie auch nur mit dem Gedanken erkannt werden.

Mit dieser Auffassung der corpuscularen Atomistik bildet die Monadenlehre der neueren Philosophie, wie sie namentlich in den Systemen von Leibniz und Herbart sich ausgebildet findet, einen Gegensatz. Die körperlichen Atome und die Materie überhaupt betrachtet sie nur als eine Erscheinung von an sich unkörperlichen und ausdehnungslosen einfachen Substanzen oder Wesen, die auf den höheren Stufen ihrer Entwickelung zum Selbstbewusstsein gelangen, auf der niedrigsten Stufe aber entweder gänzlich ohne alles Bewusstsein und geistige Thätigkeit sind oder doch nur die allergeringsten Anfänge davon besitzen. Ihrer Auffassung vom Wesen der Materie nach gehört also die Monadenlehre dem Idealismus an, da sie die Materie als eine blosse Erscheinung von geistigen Substanzen oder Principien ableiten will. Da wir schon früher nachgewiesen haben, warum wir dieser Deduction nicht beistimmen können, so werden wir hier die Atomenlehre, soweit sie dem Idealismus angehört, nicht ferner in Betracht ziehen. Mit der corpuscularen Atomistik stimmt die Monadenlehre jedoch darin überein, dass sie die körperliche Ausdehnung nur begreiflich findet aus einer Vielheit einfacher Substanzen, die getrennt für sich existiren. Nach ihrem atomistischen Elemente wird also die Monadenlehre auch noch fernerhin ein Gegenstand unserer Untersuchung bleiben.

Der neueren Zeit gehört ausser der Monadenlehre noch an der qualitative Atomismus. Die corpusculare Atomenlehre der Alten nimmt an, dass die Atome nicht ihrer Materie und Beschaffenheit nach, sondern nur ihrer Grösse und Gestalt nach, also nur quantitativ von einander sich unterscheiden. Im Gegensatz zu diesem nur quantitativen Atomismus der Alten hat man Atome angenommen, welche qualitativ sich von einander unterscheiden. Dieser qualitative

Atomismus ist in der Philosophie älter, als in der empirischen Chemie, welche gegenwärtig vorzüglich durch ihre Entdeckungen über die Zerlegung der Körper in qualitativ verschiedene einfache Stoffe zu seiner Unterstützung dient. Liegt nun aber das Wesen der Atome nicht in ihrer Ausdehnung, sondern in ihrer Qualität, so wird eine solche Atomistik consequent zu einer dynamischen Auffassung vom Wesen der Materie führen. Denn die Qualitäten, wodurch die Atome sich von einander unterscheiden und worin ihr Wesen liegt, können nur bewegende Kräfte der Anziehung und Abstossung sein. Ebenso besteht die Einfachheit der chemischen Stoffe nicht in ihrer Ausdehnung, sondern in dem verhältnissmässigen Gewichte, in dem sie Mischungen mit einander eingehen. Das Gewicht ist aber selbst eine Function einer bewegenden Kraft und keine Ausdehnung. Eine solche Atomistik führt also zur dynamischen Naturansicht. Da wir erst in einem späteren Abschnitte von der dynamischen Erklärung der Materie handeln werden, so werden wir an diesem Orte auch von dem qualitativen Atomismus vorläufig absehen, sofern er qualitativ verschiedene Atome annimmt. Wir werden hier nur die quantitative corpusculare Atomistik behandeln, und zwar nach den zwei Seiten, welche wir an ihr unterscheiden können, nämlich sofern sie annimmt, dass das Wesen der Materie in der Ausdehnung besteht und die körperliche Ausdehnung selbst aus der Annahme einer Vielheit von Atomen, welche getrennt für sich existiren, sich erklären lässt. Das eigentliche atomistische Element ist in den verschiedenen Gestaltungen der Atomenlehre hinsichtlich der verschiedenen Auffassungen vom Wesen der Atome dasselbe. Ob man sie sich als einfache Körper vorstellt, welche sich nur quantitativ von einander unterscheiden, oder als geistige Substanzen, oder als Kraftwesen, stets wird angenommen, dass an der körperlichen Ausdehnung ihre Continuität nur ein Schein, ihre Multiplicität aber allein die Wahrheit ist.

Wie über das Wesen der Atome, so giebt es in der atomistischen Weltbetrachtung auch abweichende Ansichten über die Verbindungsformen und die Bewegung der Atome. Die ältere Atomistik nimmt eine ursprünglich gegebene Vielheit von Atomen an, welche durch zufällige Aggregationen und Bewegungen das körperliche Universum bilden. In den Atomen selbst liegt kein Grund der Bewegung und ihrer Verbindung. Dasselbe nimmt auch Herbart an. Die einfachen Wesen sollen an sich ohne alles Zusammen und ohne Bewegung existiren. Nur sieht Herbart den Zufall als ersten Erklärungsgrund für die Bewegungen und Aggregationen der Atome, nicht als etwas Objectives, sondern nur als etwas Subjectives an. Davon abweichend ist die Ansicht von Gassendi und Leibniz. Indem Gassendi mit der Annahme körperlicher Atome die Lehre von einem lebendigen Gott verbindet, betrachtet er auch die Atome als die zuerst erschaffenen materiellen Principien der Körperwelt und sieht in ihren Verbindungen und Bewegungen einen Plan. Durch die Schöpfung selbst ist die Menge, die Grösse, die Figur und die Bewegung, wie auch die Verbindungen der Atome in dem Samen der lebendigen Wesen bestimmt. Es soll daher auch ursprüngliche Verbindungsformen der Atome geben, ohne welche sie nie ein harmonisches Ganze bilden würden. Ebenso nimmt Leibniz, da er gleichfalls

die Monaden als erschaffen ansieht, eine prästabilirte Harmonie an, wodurch im Voraus der Zusammenhang in den Veränderungen der Monaden bestimmt ist. Auch der qualitative chemische Atomismus setzt ursprüngliche Verbindungsformen der Atome oder der einfachen Stoffe, welche nach beständigen Proportionen sich mit einander verbinden, voraus. Nach LEIBNIZ liegt überdies auch in den Monaden selbst ein Grund ihrer Veränderungen und Bewegungen. Dasselbe, wenn auch in anderer Weise, findet sich bei GASSENDI, wenn er neben den Atomen noch ein besonderes Princip der Lebenswärme oder der Weltseele annimmt, denn darin liegt eine Kraft der Selbstbewegung der Atome. Ein Grund der Bewegung muss auch nach dem qualitativen chemischen Atomismus in den Atomen liegen, wenn sie ursprüngliche chemische Verwandtschaft gegen einander besitzen. Die Atomenlehre hat also entweder ursprüngliche Verbindungsformen der Atome und einen Grund der Bewegungen in ihnen selbst angenommen, oder vorausgesetzt, dass den Atomen an sich alle Verbindungsformen und Bewegungen objectiv oder subjectiv zufällig sind, in ihnen selbst also kein Grund ihres Zusammenseins und ihrer Veränderungen liegt.

Es scheint nun wohl, dass an sich beide Vorstellungsarten mit der Annahme der Atome verträglich seien. In diesem Falle würde, wie uns scheint, die Annahme, dass es ursprüngliche Verbindungsformen der Atome giebt und in ihnen selbst ein Grund der Bewegung liegt, der anderen Betrachtungsweise, nach der ein objectiver oder subjectiver Zufall als erster Erklärungsgrund angenommen wird, vorzuziehen sein. Indess die erstere Vorstellungsweise, wenn sie auch der Wahrheit näher liegt, ist doch mit der Annahme der Atome selbst unverträglich. Sie ist in sich selber keine einheitliche mit sich übereinstimmende, sondern eine in sich selbst gespaltene, dualistische Lehre. Denn diese Lehre, dass es ursprüngliche Verbindungsformen der Atome und Kräfte der Bewegung in ihnen selbst gäbe, würde, wenn sie consequent in sich wäre, die Annahme, dass es Atome giebt, aufheben. Denn wenn es ursprüngliche Verbindungsformen der Atome giebt, so werden sie von vorneherein als in einem ursprünglichen Zusammenhange (Continuität) mit einander stehend gedacht, und mithin würde auch in der körperlichen Ausdehnung die Continuität derselben kein blosser Schein, sondern ebenso wie die Multiplicität — die Vielheit der Atome — eine objective Wahrheit sein. Atome, welche in einer ursprünglichen Gemeinschaft mit einander stehend gedacht werden, sind keine Atome. Wesentlich ist ihnen, dass sie ursprünglich eine zusammenhangs- und bewegungslose Vielheit der Einfachen sind, welche nur durch zufällige Aggregationen und Bewegungen die Erscheinungen der körperlichen Natur zu Wege bringen. Nicht die blosse Annahme einer Vielheit des Einfachen, sondern die Annahme einer ursprünglich zusammenhangslosen Vielheit des Einfachen macht das Wesen der Atomenlehre aus. Aus diesen Gründen können wir auch nur die corpusculare Atomistik und die moderne Lehre HERBART's für consequente Ausbildung der Atomenlehre gelten lassen, während der qualitative chemische Atomismus, sowie die Lehren von GASSENDI und LEIBNIZ entweder die Annahme der Atome oder die ihrer ursprünglichen Verbindungsformen aufgeben müssen, wenn sie eine mit sich einige Wahrheit lehren wollen. Für in sich consequent

halten wir nur die Atomenlehre, welche alle Aggregationen (Zusammen nach HERBART) und alle Bewegungen als den Atomen selbst zufällig ansieht.

Die corpusculare Atomistik scheint durch die Annahme von leeren Zwischenräumen mit den Systemen der Monadenlehre in einem Gegensatze sich zu befinden, da in diesem Systeme jene Annahme zu fehlen scheint. Es würde dann in der einen Atomenlehre ein Grundbegriff vorhanden sein, der in anderen atomistischen Systemen nicht vorkommt. Dies ist aber doch nicht der Fall. Freilich geradezu findet sich in den Monadologien der Begriff und die Annahme der leeren Zwischenräume nicht. Wenn man aber die eigentliche Bedeutung dieses Begriffes in Betracht zieht, so fehlt er in keiner Atomenlehre. Der Begriff der leeren Zwischenräume drückt nämlich nur die völlig getrennte und zusammenhangslose Existenz der Atome oder der einfachen Wesen aus. An sich ist dies nur ein negativer Begriff, dem aber doch zugleich Realität und eine positive Bedeutung zugeschrieben wird. In dieser Weise findet er sich nun aber in jeder atomistischen Philosophie. Zwischen den Monaden findet nach LEIBNIZ kein realer Zusammenhang statt. Sie können nicht auf einander wirken. Nach HERBART giebt es kein wirkliches, sondern nur ein gedachtes und scheinbares Zusammen der einfachen Wesen. Die leeren Räume in der corpuscularen Atomistik drücken auch nur die Aufhebung des realen Zusammenhanges zwischen den Atomen aus. Für die Erklärung der körperlichen Phänomene muss aber doch immer wieder ein Zusammenhang der Atome angenommen werden. Dieser kann jedoch nur ein scheinbarer und kein wirklicher, nur ein idealer und kein realer sein. Allein der scheinbare und blos gedachte Zusammenhang gilt doch zugleich als ein Erklärungsgrund für die körperlichen Phänomene. Dieselbe Bedeutung haben auch die leeren Zwischenräume in der corpuscularen Atomenlehre, auch sie gelten als Erklärungsgründe, worin ihre relative und positive Bedeutung liegt. Ohne die Setzung und die Aufhebung einer Verbindung oder eines Zusammenhanges lässt sich aus Atomen nichts erklären. Als ein realer und an sich nothwendiger kann er nicht stattfinden, er kann daher nur zufällig, scheinbar und idealiter stattfinden. Die leeren Zwischenräume der Corpuscularphilosophie drücken diese Begriffe nur in mehr bildlicher Form aus, als sie sich in den anderen Systemen der Atomenlehre finden.

Da jede Atomenlehre sich genöthigt sieht, sobald sie aus den Atomen etwas erklären will, wenigstens einen scheinbaren Zusammenhang der Atome anzunehmen, so muss sie noch psychische Vorgänge in einem Zuschauer als Erklärungsprincipien für die objectiven Vorgänge mit zu Hülfe nehmen. Das ist nicht nur bei LEIBNIZ und HERBART der Fall, sondern auch in der corpuscularen Atomistik. Denn da aller Zusammenhang unter den Atomen doch nur ein scheinbarer und zufälliger ist, so würde überall aus Atomen sich nichts erklären lassen, wenn nicht zugleich ein anschauendes und denkendes Wesen da wäre, für das der scheinbare und zufällige Zusammenhang der Atome vorhanden ist, da er an sich selbst objectiv nicht existirt. Jede Atomistik, wie sie auch über das Wesen der Atome denken mag, enthält daher einen Idealismus als einen nothwendigen Bestandtheil in sich. Ob die Atome absolute

Minima der Ausdehnung, einfache Wesen, Monaden oder einfache Stoffe sind, als Erklärungsprincipien für die gegebenen Phänomene in der Natur können sie nur verwandt werden, wenn zugleich ein Zuschauer vorausgesetzt wird, aus dessen Anschauungen und Vorstellungen die Setzung und die Aufhebung des zufälligen Zusammenhanges der Atome sich ergiebt. Denn für alle Aggregationen und Bewegungen der Atome liegt in ihnen selbst kein Grund, liegen kann er nur in den psychischen Zuständen des Zuschauers. Denken wir den hinweg, so lässt sich aus Atomen überall nichts erklären.

Die alte Atomistik, sagt man gewöhnlich, habe zwei Principien angenommen für die Erklärung der Körperwelt; nämlich eine ursprünglich gegebene Vielheit von Atomen und leere Zwischenräume. Sie hat aber ausserdem auch noch angenommen zufällige Bewegungen der Atome und einen Zuschauer. Dieser gehört aus den angegebenen Gründen nothwendig mit zu den Erklärungsprincipien jeder Atomistik, sodass wenigstens vier verschiedene Principien von der Atomenlehre angenommen werden, nämlich Atome, leere Räume, zufällige Bewegungen und ein Zuschauer. Erst durch den Zuschauer erlangen die negativen Principien der Atomenlehre, der Zufall und die leeren Räume eine positive Bedeutung für die Erklärung der körperlichen Phänomene.

Indem wir die vorzüglichen Differenzen in den atomistischen Lehren betrachteten, haben wir zugleich die Grundbegriffe oder die fundamentalen Annahmen der Atomistik, welche überall vorhanden sind, herausgestellt. Nur mit diesen werden wir uns auch fernerhin noch beschäftigen. Die Annahmen, dass es ursprüngliche Verbindungsformen der Atome giebt und in ihnen selbst ein Grund der Bewegung liegt, halten wir in Wahrheit mit der Annahme von Atomen aus den schon angeführten Gründen für unverträglich. Es lag uns hier zunächst nur daran, das identische Wesen den Atomenlehre in den verschiedenen Modificationen derselben hervorzuheben und das auszuscheiden, was nicht hier, sondern an anderen Orten unserer Abhandlung zur Sprache kommt. Eine Untersuchung über die philosophische Begründung und eine Kritik der Atomistik ist überall nicht möglich, wenn man, wie das nur zu oft bei der Kritik wie bei der Begründung der Atomenlehre der Fall ist, dabei von einem Begriffe derselben gleichsam in Bausch und Bogen ausgeht. Unserer Begriffsbestimmung derselben liegt die Geschichte der Naturphilosophie zu Grunde, womit sie, wie wir glauben dürfen, in Uebereinstimmung ist.

§. 112. Die Atomenlehre in den Erfahrungswissenschaften.

Die Thatsache unserer Erfahrung, welche vor Allem der Annahme von Atomen zu Grunde liegt, ist die Theilbarkeit der Materie. Empirisch ist eine theilbare Materie gegeben. Theilbar ist die Materie aber in verschiedener Hinsicht. Organisch zerfällt sie in andere Theile als chemisch und physikalisch. Jede Erfahrungswissenschaft handelt in Wahrheit auch von einer anderen Theilbarkeit der Materie. Denn abweichend von der chemischen, physikalischen und organischen Theilbarkeit der Materie ist auch ihre krystallographische Theilbarkeit. Alle Grenzen der Theilung, welche empirisch gefunden werden, sind

jedoch keine letzten, sondern nur jeweilige Grenzen, die stets noch weiter überschritten werden können, sodass uns empirisch nur eine theilbare Materie gegeben ist. Was für die Physiologie und die Krystallographie ein Letztes der Theilung ist, Zellen und Kerngestalten, ist dies nicht mehr für die Chemie. Die letzten Grenzen der chemischen Theilung, die einfachen Stoffe, sind für die Physik keine letzten Grenzen, da jeder chemisch einfache Stoff physikalisch noch weiter theilbar ist. Wie weit aber physikalisch die Theilung geht, ist empirisch wenigstens unermesslich. Die letzten Grenzen physikalischer Theilung aber überschreitet die Mathematik und die Logik, sodass alles empirisch Gegebene stets als ein Theilbares angesehen werden muss, dessen letzte Grenze wir nicht kennen. Der Erfahrung liegt daher auch der Gedanke einer Theilung ins Unendliche (indefinitum) viel näher, als die Annahme von Atomen. Die Annahme letzter Grenzen der Theilung oder von Atomen geht stets über alle Erfahrung hinaus. Die Empirie kennt nur eine theilbare Materie und jeweilige Grenzen der Theilung.

Dies gilt nicht blos von den Naturwissenschaften im engeren Sinne, sondern in der That von allen Erfahrungswissenschaften, da für jede das ihr empirisch Gegebene auch etwas Theilbares ist, dessen letzte Grenzen der Theilung stets nur vorläufige sind. Die Grammatik löst die Sprache in einfache Laute auf, welche sie als ein Letztes der Theilung ansieht. Jeder einfache Laut lässt aber noch mehrfache Unterscheidungen der Aussprache zu und ist daher in Wahrheit kein Letztes der Theilung. Die Erfahrungswissenschaften kennen daher nur ein Theilbares, dessen Theilung ins Unendliche geht, da alle empirisch auffindbaren Grenzen der Theilung noch weiter theilbar sind.

Die Annahme von Atomen halten Viele und zwar nicht blos Empiriker, sondern auch Philosophen für begründet durch die chemische Proportionslehre. Diese Lehre drückt an sich nur eine Gesetzmässigkeit in der chemischen Verbindung aller Stoffe der Natur aus, nämlich dass sie nur in gewissen beständigen Proportionen (nach dem Gewichte oder dem Volumen) Verbindungen mit einander eingehen. Dies Gesetz ist unabhängig von der Hypothese der Atome aus der Erfahrung gefunden worden, wie es durch sie überall bestätigt wird. Aus der Thatsache, dass die Stoffe in der Natur chemische Verbindungen nur in gewissen und beständigen Proportionen eingehen, kann man aber weder direct noch indirect die Annahme von Atomen begründen. Weder kann man sie unmittelbar daraus folgern, noch dient die Annahme von Atomen zu einer Begründung dieser Gesetzmässigkeit chemischer Verbindungen. Man hat wohl gesagt, die Ursache davon, dass die Stoffe nur in beständigen Proportionen chemische Verbindungen mit einander eingehen, liege in den Atomen, woraus alle Materie besteht. Weil die Materie aus Atomen zusammengesetzt sei, verbinden sich alle Stoffe in beständigen Proportionen. Allein aus einer Zusammensetzung der Materie aus Atomen folgt an sich gar nichts über die Form ihrer Verbindung. Alle Verbindungsformen sind vielmehr den Atomen zufällig. Das Gesetz der chemischen Verbindung nach beständiger Proportion ist und wird nie daraus gefunden werden können. Wollte man aber annehmen, dass diese Gesetzmässigkeit den Atomen selbst schon innewohnte, so würde daraus

für die aus der Erfahrung aufgefundene chemische Proportionslehre nur eine Begründung *per idem* sich ergeben, es würde da nur dasselbe aus demselben gefolgert werden.

So wenig nun in der Annahme von Atomen eine Begründung für die Gesetzmässigkeit chemischer Verbindungen liegt, zumal da Atomen alle Verbindungsformen zufällig sind, so kann man auch nicht unmittelbar aus diesen Thatsachen der Erfahrung auf die Existenz von Atomen schliessen. Denn die chemische Theilung führt weder quantitativ noch qualitativ zu letzten, sondern nur zu relativen Theilen. Jeder einfache chemische Stoff ist noch physikalisch theilbar. Ausserdem aber findet die Chemie nur Theile einer Proportion, die beliebig dividirt oder multiplicirt werden kann, nicht aber letzte Theile, welche nicht mehr dividirt werden können. Die Atome der Chemie sind daher auch keine Atome, sondern nur verhältnissmässige Gewichtstheile. Man mag sie immerhin Atome nennen, nur muss man dann auch zugleich wissen, dass sie nur relative letzte Theile sind. Auch die Chemie beweist also durch ihre Proportionslehre, dass die Empirie für sich nicht zur Annahme von Atomen führt.

Wir besprechen hier zugleich noch einen anderen Punkt, der wohl als Bestätigung der Annahme von Atomen, namentlich von Seiten der Chemie angeführt wird. Aus der verschiedenen Gruppirung von Atomen, sagt man, lassen sich am einfachsten die chemischen Erscheinungen erklären und daher sei die Annahme der Atome begründet. Gesetzt, das wäre richtig, so würde eine wirkliche Erklärung dadurch doch erst dann gewonnen sein, wenn man selbst erklären könnte, woher die verschiedenen Gruppirungen der Atome kommen. Ohne Zweifel besitzt die Atomenlehre für die Erklärung der Erscheinungen kein anderes Hülfsmittel, als die Lage und Stellung der Atome zu einander. Wenn die Erfahrung nun auch Mittel an die Hand gäbe, die Gruppirungen der Atome wirklich zu bestimmen, so würde man zuletzt doch entweder, wie das im Geiste der Atomistik gedacht ist, alle Gruppirungen als zufällig ansehen oder — was in der Atomenlehre schwer zulässig ist — für sie selbst einen höheren Erklärungsgrund annehmen müssen. Gilt der Zufall als Letztes, so werden auch aus den verschiedenen Gruppirungen der Atome alle Erscheinungen doch nur zufällig entstehen. Eine Erkläruug lässt sich daraus nicht gewinnen, falls man nicht eine viel geschäftige Phantasie, welche die Atome gruppirt, wie es gerade passt, für den Verstand der Dinge ausgiebt. Sind die Gruppirungen der Atome aber nicht zufällig, sondern selbst durch Naturursachen bedingt, so wird auch in diesen Ursachen, nicht aber in den Gruppirungen der Erklärungsgrund der Erscheinungen liegen. Der Grund der verschiedenen Gruppirungen wird aber schwerlich anderswo, als in den bewegenden Kräften gefunden werden können. Liegt er aber darin, so wird dadurch auch die Grundlage der corpuscularen Atomistik überschritten. Denn eine solche Erklärungsart würde eine dynamische und keine atomistische sein. Namentlich die Chemie beweist unserer Meinung nach, dass in den empirischen Naturwissenschaften die Grundbegriffe der Atomenlehre nirgends sich völlig vollzogen und durchgeführt finden.

An der Atomenlehre rühmt man ausserdem noch ihre Brauchbarkeit für die Auffassung und Interpretation der Erscheinungen. Nach dieser Seite ist die

Atomenlehre aber weniger ein Dogma der Metaphysik, als vielmehr eine Regel des methodischen Erkennens. Wenn man diese Regel nicht metaphysisch interpretirt, so lässt sie sich ohne Zweifel vertheidigen, denn sie hat einen zureichenden Grund in der Einrichtung unseres Erkennens. Diese Regel kann man in folgender Weise geben. Alle Erkenntniss wird gewonnen durch die Auflösung des Gegebenen in seine Bestandtheile und durch ihre Verbindung zum Ganzen. Nur durch die unterscheidende und verbindende Thätigkeit der Gedanken, sei es mit oder ohne Beihülfe praktischer Thätigkeiten, vermögen wir zu erkennen. Nach dieser Regel verfährt vornehmlich auch die Chemie, wenn sie durch die Zerlegung der Körper in einfache Bestandtheile und aus ihren Verbindungen eine Erkenntniss der Natur gewinnt. Versteht man nun unter Atomenlehre nur die Gültigkeit und Anwendbarkeit dieser logischen Regel in aller Naturforschung, so würden wir unsererseits damit völlig übereinstimmen. Wir glauben auch, dass die Seite, welche die Atomenlehre den Naturwissenschaften schätzenswerth macht, in dieser logischen Regel besteht. Nur durch die Zerlegung des Gegebenen in seine Bestandtheile und ihre Durchforschung und dann durch ihre Zusammenfassung schreitet die Erkenntniss wirklich fort, während das blosse Stehenbleiben bei dem Gegebenen und seine Erhebung zu allgemeinen Begriffen, wie das die übliche Manier in einigen Schulen der Philosophie ist, zu vielen geistreichen Reden Anlass giebt, aber am Ende die Erkenntniss der Dinge stehen lässt, wo sie stand. Die Atomenlehre selbst aber besteht nicht in dieser Erkenntnissvorschrift, sondern in ihrer metaphysischen Interpretation. Das eine folgt aber nicht mit Nothwendigkeit aus dem anderen. Denn an und für sich involvirt die Anerkennung und der Gebrauch dieser Regel des methodischen Erkennens keine atomistische Metaphysik. Die s. g. Brauchbarkeit der Atomistik für die Auffassung und Interpretation der Naturerscheinungen, da sie doch nur in der Gültigkeit und Anwendung der genannten logischen Regel besteht, enthält demnach auch keinen Beweis für die Annahme der Atome. Die Atome würden da stets nur Hülfsbegriffe eines methodischen Denkens, damit aber noch nicht Existenzen in der Natur sein. Die Chemie, soweit sie wirklich Erfahrungswissenschaft ist, gelangt nicht nothwendig zu der Hypothese, dass alle Körper aus Atomen zusammengesetzt sind.

Die Grenzen der Theilung, welche eine Erfahrungswissenschaft findet, entsprechen der Art der Theilung, welche sie betreibt. Daher erlangt die Atomenlehre in jeder Erfahrungswissenschaft eine andere Gestalt. Die Chemie gelangt von ihrem Standpunkte zu einer qualitativen Atomistik, die Physik aber theils zu einem quantitativen, theils zu einem qualitativen Atomismus. In der Mechanik fasst sie die Materie nur als Masse auf und würde von diesem Standpunkte aus nur zu quantitativ verschiedenen Atomen gelangen; in der Lehre von der Cohäsion und anderen Erscheinungen liegen aber auch für die Physik Motive zur Annahme qualitativ verschiedener Atome. Der Begriff eines Atomes ist daher in den verschiedenen Wissenschaften auch ein anderer. Die Physik kennt von ihrem Standpunkte aus Atome als absolute Minima der Ausdehnung, die Chemie aber nur qualitativ verschiedene Atome, bei denen nicht die Ausdehnung, sondern die Qualität das Wesen ausmacht. Die Physio-

logie und die Krystallographie, falls sie wirklich atomistisch bis zu Ende denken, müssen Atome von unveränderlicher Gestalt annehmen, während die Physik blos als Mechanik schwerlich den Atomen eine bestimmte Gestalt zuschreiben kann. In der Anwendung in den Erfahrungswissenschaften verändert sich daher der Begriff eines Atomes nach ihren besonderen Erfahrungsgebieten und nach der Art der Theilung, welche sie vollziehen. Von einer Atomenlehre der empirischen Naturwissenschaften im Allgemeinen zu sprechen, ist auch kaum zulässig, da sie in jedem Zweige derselben eine andere Gestalt annimmt. Die Atomenlehre im Allgemeinen gehört der Naturphilosophie an und nicht den empirischen Naturwissenschaften.

Jede einzelne Erfahrungswissenschaft ist von ihrem Standpunkte aus berechtigt, die Atome, welche sie annimmt, nach den letzten Grenzen der Theilung, welche sie gefunden hat, zu bestimmen. Nur kann man diesen besonderen Begriff nicht zugleich für den allgemeinen ausgeben. In einem ganz anderen Sinne nennt man die Weltkörper oder lebendige Wesen Atome, als die Chemie ihre letzten Grenzen der Theilung einfache Stoffe nennt, oder es absolute Minima der Ausdehnung geben soll. Das eine Mal ist es der Stoff, das andere Mal die Form, welche als letzte Grenze der Theilung oder als Atom gesetzt wird. Die Chemie gelangt zu Stoffatomen, Physiologie und Krystallographie zu Formatomen. Wie die Art der Theilung, so ist auch der Begriff der Atome in jeder Erfahrungswissenschaft verschieden, sodass eine Reduction dieser Vorstellungen nothwendig sein würde, um zu einem allgemeinen und mit sich übereinstimmenden Begriffe von einem Atome zu gelangen.

Wie die Annahme der Atome, so kann auch die der leeren Räume oder, was dasselbe ist, der gänzlichen Zusammenhangslosigkeit der Atome allein aus der Erfahrung nicht begründet werden. Die Erfahrung zeigt uns wohl mehr oder weniger erfüllte Räume, aber sie zeigt uns weder Räume, die vollkommen leer, noch Räume, die absolut voll sind, wie es bei den Atomen selbst der Fall sein müsste. In beiden Punkten wird die Empirie überschritten. Sie zeigt uns nur das Relative, nicht aber das Absolute des Vollen oder des Leeren. Leere Räume sind ebenso wenig wie Atome ein Gegenstand möglicher Erfahrung, denn das Leere kann auf die Sinne keinen Eindruck machen. Wenn man mit Recht sich verwundert über die Paradoxien in Hegel's Logik, nach der das Nichts ebenso real sein soll, wie das Sein, so findet sich doch in der Annahme der leeren Räume dieselbe Paradoxie, denn sie sind ein Nichts, welches als real angenommen wird. Der leere Raum ist an sich eine blosse Abstraction von dem erfüllten Raum, den man aber doch als eine Realität denken soll. Dass dies ein handgreiflicher Widerspruch ist, braucht wohl keinem erst gesagt zu werden.

Der Streit um die Existenz der leeren Zwischenräume wird zu einem blossen Wortstreite, wenn man ihre Annahme glaubt durch irgend eine Erfahrung widerlegen oder beweisen zu können. Denn die leeren Zwischenräume, worum es sich in der Atomistik handelt, liegen über alle Erfahrung hinaus, da sie auch als unendlich klein angenommen werden können. Die Atome können in unermesslicher Entfernung von einander sich befinden, bleiben aber

doch der Theorie nach durch einen leeren Raum von einander getrennt. Die leeren Räume werden auch nicht der Erfahrung wegen, sondern der Atome wegen angenommen. Sie sind eine Folge von der Annahme der Atome und gelten nur deshalb für real, weil das Reale, die Atome, ohne sie nicht gedacht werden können. Als nothwendige Bedingungen des Realen gelten sie selbst als real. Im Begriffe eines Atomes liegt es, dass sie nicht anders, als getrennt von einander existiren können. Wird in der wahrnehmbaren Körperwelt aller Zusammenhang als aufgehoben, die Theilung des Theilbaren wirklich vollzogen gedacht, so liegt die getrennte Existenz der Atome in ihrem Begriffe. Der leere Raum drückt nur diese Negation der gänzlichen Zusammenhangslosigkeit, der völlig getrennten Existenz der Atome aus. Dass die Annahme leerer Räume auch nothwendig ist für eine mögliche Bewegung der völlig ein für alle mal ihre Räume unveränderlich einnehmenden Atome und für ihre verschiedene Aggregation ist in der That erst ein secundärer, nicht aber der primäre Grund ihrer Annahme. Die leeren Räume drücken nur bildlich die Aufhebung aller realen Verbindung der Atome aus, welche sich auch in der nicht corpuscularen Atomenlehre von LEIBNIZ und HERBART findet.

Wir glauben nicht, dass die empirische Naturwissenschaft den Begriff des leeren Raumes zwischen den Atomen oder den Begriff ihrer völligen Zusammenhangslosigkeit je ganz vollzogen hat. Nimmt die Chemie Atome an, so denkt sie diese doch zugleich als Bestandtheile, welche nach beständigen Proportionen sich nothwendig mit einander verbinden. Von den Atomen, welche die Chemie annimmt, lässt sich das Moment ihrer nothwendigen Verbindungsform nach beständigen Gesetzen nicht lostrennen. Mit Recht hat man daher auch gesagt, dass solche einfache Bestandtheile keine Atome seien. Der Begriff ihrer nothwendigen Verbindungsform nach beständigen Proportionen hebt an den Atomen der Chemie das Moment ihrer gänzlichen Zusammenhangslosigkeit oder ihrer völlig getrennten Existenz auf. Die chemischen Atome sind Gewichtstheile von Verbindungen, wobei es wesentlich nur auf die Proportion ankommt, worin der eine Theil zum anderen steht, nicht aber auf ihre Grösse und Kleinheit. Man mag sie multipliciren oder dividiren, die Proportion bleibt dieselbe und nur mit dieser zugleich haben die Atome der Chemie einen Sinn. Von solchen Verbindungsformen nach beständigen Gesetzen muss man aber absehen, wenn man Atome wirklich annehmen will. Statt derselben ist der leere Raum oder die gänzliche Zusammenhangslosigkeit zu setzen. Jedenfalls zeigt sich hieran abermals, dass die Atomenlehre in ihrer Anwendung in den Erfahrungswissenschaften nicht nur hinsichtlich des Begriffes eines Atomes, sondern auch in Betreff des unvermeidlichen Hülfsbegriffes der Atomistik, des leeren Raumes, sogleich wesentliche Modificationen verlangt, die es zweifelhaft machen, ob Atomistik da vorhanden ist oder nicht. Auch der Begriff des leeren Raumes wird von den Erfahrungswissenschaften nie völlig vollzogen. Eine gänzliche Zusammenhangslosigkeit der Atome wird auf Grund der Erfahrung nie nachweisbar sein, stets wird noch eine nothwendige Beziehung der Bestandtheile auf einander vorausgesetzt.

Ausserdem sind auch alle leeren Räume in der ponderablen Materie nur

relativ zu verstehen, da sie von der imponderablen erfüllt sind. Ob aber in dieser selbst leere Räume, die nicht wiederum erfüllt sind, sich finden, ist wenigstens zweifelhaft und empirisch nicht zu entscheiden. Die Empirie kann leere Räume stets nur in einem relativen Verstande annehmen, wobei immer vorausgesetzt wird, dass sie von einer noch dünneren Materie erfüllt sind. Wie die Grenzen der Theilung, wozu die Erfahrung gelangt, doch keine letzten Grenzen sind, so sind auch die leeren Räume, wozu die Erfahrung oder das Denken auf der Grundlage der Empirie gelangt, nur in einem relativen Verstande als leer anzusehen. Atome und leere Räume, wie die Atomistik sie fordert, gehen über alle Erfahrung hinaus. Der absolut volle und daher völlig unveränderliche Raum und der absolute leere Raum liegen nicht an der Grenze der Empirie, sondern sind nur durch einen Sprung von der empirisch stets relativen Raumerfüllung zu erreichen.

Da die Atomistik eine völlige Zusammenhangslosigkeit der Atome annimmt, so setzt sie als den letzten Erklärungsgrund von allem realen Geschehenen den Zufall: Bewegung und Verbindung (Aggregation) ist den Atomen schlechthin zufällig. In den Atomen selbst liegt kein Grund weder der Aggregation, noch der Bewegung. Auch bis zu dieser Annahme gelangt die Empirie nie, denn sie findet alle Materie nur in Aggregationen und in Bewegung. Die gewaltsame Trennung des einen von dem anderen geht über alle Empirie hinaus. Die Atomistik vollzieht sie, indem sie zugleich die Atome als das allein Wesentliche, ihre Aggregationen und Bewegungen aber als ihnen schlechthin zufällig annimmt. Findet die Chemie einfache Stoffe als letzte Grenzen der chemischen Theilung, so schreibt sie den Stoffen doch zugleich auch verschiedene Grade der chemischen Verwandtschaft zu, wodurch ihre Bewegungen und ihre Verbindungen bedingt sind. Durch die Natur der Stoffe selbst sind auch ihre Bewegungen und Verbindungen bedingt. Die Empirie findet alle letzten Theile, wozu sie gelangt, nur als Bestandtheile von Verbindungen und kann daher nicht annehmen, dass nur die Theile das Wesentliche, ihre Verbindungen und Bewegungen aber das Zufällige sind. Auch nach dieser Seite werden die Postulate der Atomenlehre in den Erfahrungswissenschaften nie völlig vollzogen. Sie denken nicht wie die Atomenlehre, dass alle Bewegungen und Verbindungen den einfachen Bestandtheilen rein zufällig sind. In einem gewissen Sinne kann man freilich sagen, dass die chemischen Kräfte, welche wir thatsächlich an den Stoffen finden, zufällig sind. Zufällig nämlich, insofern als ihre Annahme und Vertheilung blos auf unserer Erfahrung, die wir machen, beruht. Allein diese Zufälligkeit unserer Erfahrung ist wesentlich verschieden von dem Zufall, den die Atomistik als letzten Erklärungsgrund für die Bewegung und die Verbindung der Atome setzt. Denn die Zufälligkeit unserer Erfahrung wird stets als bedingt gesetzt und gilt nicht als Erklärungsgrund, während der Zufall in der Atomistik als unbedingt, von aller Empirie unabhängig und als letzter Erklärungsgrund gilt. Bis zur Annahme dieses Zufalls gelangt die Erfahrungswissenschaft nie. Sie verfährt vielmehr in dem Bewusstsein, dass, weil alle unsere Erfahrungen zufällig, sie auch bedingt sind und letzte Ursachen und Gründe haben, woraus sie erklärbar sein werden. Der Zufall, als letzter Erklärungsgrund in der Atomenlehre, bleibt daher stets mit dem

Wesen einer empirischen Wissenschaft in Widerstreit. Vor allem aber die Naturwissenschaften können nicht mit dieser Annahme der Atomistik übereinstimmen. Denn sie setzen stets voraus, dass alle wahrnehmbaren Erscheinungen aus nothwendig wirkenden Ursachen zu erklären sind. Der Zufall, als letzter Erklärungsgrund, den die Atomistik annimmt, hebt auch alle Natur auf. Mechanische Naturwissenschaft und Atomistik schliessen sich in diesem Punkte nothwendig aus. Die Atomenlehre ist in dieser Hinsicht eine mit dem Wesen einer mechanischen Naturwissenschaft nicht verträgliche Voraussetzung. Denn es gehört zu ihrem Wesen, dass sie stets äussere Ursachen voraussetzt, woraus die Erscheinungen zu erklären sind. Der Zufall, als erster Erklärungsgrund, steht aber mit dieser Voraussetzung in einem unlösbaren Widerspruch.

Die Atome hat man wohl genannt die Buchstaben der Natur und diesen Vergleich benutzt, um die Annahmen der Atomenlehre plausibel zu machen. Bei dieser Analogie werden aber meistens die wesentlichsten Punkte der Atomistik übersehen. Allerdings lassen sich aus einer geringen Anzahl Buchstaben durch mannigfache Combinationen viele Wörter und aus ihren Verbindungen viele Sätze bilden, indess doch nicht durch eine ihnen selbst zufällige Aggregation, sondern nach gewissen, im Wesen jeder Sprache liegenden Gesetzen. Ohne diese Gesetze der Verbindung machen die Buchstaben, durch leere Räume getrennt, d. h. in völliger Zusammenhangslosigkeit, nicht das Wesen einer Sprache aus, sondern erst zusammen mit den Gesetzen ihrer Verbindung bilden sie eine Sprache. Soll diese Analogie wirklich zur Verdeutlichung der Atomenlehre dienen, so muss auch die Sprache selbst atomistisch construirt werden, sonst dient diese Analogie mehr zur Verwirrung, als zur Aufklärung. Sieht man den Bau einer Sprache atomistisch an, so müssen die Buchstaben in völliger Zusammenhangslosigkeit als das Wesen derselben und ihre Verbindung als ihnen selbst schlechthin zufällig gedacht werden. Allein bis zu dieser Voraussetzung gelangt keine von der Erfahrung ausgehende und auf ihr ruhende Betrachtung über den Bau und das Wesen einer Sprache. Sie wird stets die Buchstaben nur als relativ einfache Bestandtheile gesetzmässiger Verbindungen der Sprache ansehen. Die Analogie würde daher nur zutreffend sein, wenn man die Atome als Buchstaben ansähe, welche durch ihnen selbst zufällige Aggregationen das Buch der Natur bildeten. Der Zufall müsste jedenfalls sehr glücklich ausgefallen sein, wenn durch sein Würfelspiel wirklich aus den Buchstaben ein leserliches und verständliches Buch zum Vorschein gekommen wäre. Jedenfalls aber erhellt auch hieraus, dass die Empirie für sich zu den Annahmen und Voraussetzungen, welche das Wesen der Atomenlehre ausmachen, nicht gelangt. Man findet stets nur Bestandtheile gesetzmässiger Verbindungen, welche zusammen das Wesentliche sind, nicht aber völlig zusammenhangslose Bestandtheile zufälliger Verbindungen, welche für sich schon das Wesen der Sache ausmachen sollen.

In den Erfahrungswissenschaften betrachtet man die Atomistik mit Recht als eine blosse Hypothese, die aus der Erfahrung nicht bewiesen werden kann. Ihre Rechtfertigung findet man denn auch nur in der Erklärung des Empirischen, welche sich aus den hypothetisch angenommenen Principien ergiebt. Unstreitig

müssen alle Begriffe, welche der Verstand bildet, sich auch als fruchtbare, erklärende Principien der Erfahrung erweisen. Wenn einmal Atome angenommen sind, folgt daraus auch eine bestimmte Erklärungsart des Gegebenen der Empirie. Hierin pflegt aber auch allein die Ueberzeugungskraft der Atomistik für die empirischen Wissenschaften zu liegen. Es giebt, sagt man, keine andere zureichende Erklärungsart der Erscheinungen, als aus Atomen, und deshalb sei ihre Annahme zulässig. Was im Gefolge dieser Annahme liegt, wird dann auch als unzweifelhaft gewiss vorausgesetzt, wie die Annahme des leeren Raumes, dass alle Veränderungen und jeder reale Zusammenhang nur scheinbar ist, dass alle Verbindungen nur Aggregationen, alle Raumerfüllung in grösseren Quantitäten nicht stetig ist u. s. w. Diese Folgerungen aus der Annahme der Atome gelten für so unzweifelhaft gewiss, dass man es kaum für nöthig hält, die Erfahrung darauf anzusehen, ob sie auch damit übereinstimmt und Inductionsgründe in ihr dafür vorhanden sind.

Dies Verfahren der empirischen Wissenschaften, aus der Leistungsfähigkeit der hypothetisch angenommenen Principien auf ihre Gültigkeit zu schliessen, stimmt mit dem Wesen dieser Wissenschaften überein. Schlechthin kann aber die Gültigkeit der vorausgesetzten Principien aus ihren Folgen nicht sich ergeben. Die Voraussetzungen der einzelnen Wissenschaften muss die Philosophie, wie es ihre Bestimmung ist, nach ihrer inneren Beweiskraft und ihren Inductionsgründen untersuchen. Eine Kritik und Rechtfertigung der Atomenlehre kann daher immer nur durch die Philosophie beschafft werden, aus der diese Hypothese auch selbst entnommen ist. Die einzelnen empirischen Wissenschaften pflegen ausserdem die Gültigkeit solcher Hypothesen nur nach ihren Leistungen in ihrem Erfahrungsgebiete zu bemessen, während die Philosophie ihre Gültigkeit für das Erfahrungsgebiet aller Wissenschaften zu prüfen hat. Wenn daher für die Physik auch die Gültigkeit der atomistischen Hypothese durch ihre Leistung auf ihrem Erfahrungsgebiete feststünde, diese Hypothese aber von dem Erfahrungsgebiet der übrigen Wissenschaften zurückgewiesen würde, so würde die Philosophie sie entweder aufgeben oder sie doch so modificiren müssen, dass sie als fruchtbares Princip auch in den übrigen Erfahrungswissenschaften sich bewährte. Diesen Umstand, dass die Philosophie es stets mit dem gesammten Erfahrungsgebiete der Wissenschaften zu thun hat, darf man nicht übersehen, wenn man nicht ungerecht gegen sie werden will. Es handelt sich in ihr nie um die relative Gültigkeit einer Hypothese für eine einzelne Erfahrungswissenschaft, sondern um ihre allgemeine Gültigkeit für alle Wissenschaften. Die Philosophie hat nicht blos die Leistungsfähigkeit der atomistischen Hypothese für die Physik und die Chemie, sondern zugleich auch für die psychologischen und moralischen Wissenschaften zu prüfen. Soll die Philosophie mit sich selbst in Uebereinstimmung bleiben, wird sie nicht wie Gassendi und Herbart für die Naturwissenschaften die eine Hypothese und für die moralischen und psychologischen Wissenschaften zugleich eine andere als gültig vertheidigen können.

Nicht alle empirischen Naturwissenschaften gehen in ihren Erklärungen davon aus, dass die atomistische Hypothese dafür die allein zulässige Voraussetzung ist und es keine andere als eine atomistische Naturerklärung geben

könne. Namentlich hat die deutsche Krystallographie die atomistische Hypothese als unzulässige Voraussetzung für ihre Erklärungen aufgegeben. Von den Partheigängern des Atomismus wird dies mit Stillschweigen übergangen und die Sachlage so dargestellt, als ob in den Naturwissenschaften gar keine andere als die atomistische Erklärungsart verwandt würde. Aber auch in der Physik und der Chemie ist die atomistische Erklärungsart doch nicht die allein herrschende. Viel weniger ist dies der Fall in anderen Zweigen der Naturwissenschaften. Die atomistische Hypothese und Erklärungsart ist nur eine weit verbreitete Gewohnheit des Denkens in den empirischen Naturwissenschaften, keineswegs aber besitzt sie die allgemeine Anerkennung. Vielfach gilt sie nur, weil sie einmal überliefert worden ist und keinen Widerspruch gefunden hat. Auch gilt da manche Erklärungsart für eine atomistische, die, genauer angesehen, dies dann doch nicht ist. Dazu kommt aber noch, dass die Grundbegriffe der Atomistik in den Erfahrungswissenschaften wohl nie völlig vollzogen werden. Es giebt freilich einzelne Bearbeitungen der Erfahrungswissenschaften von den reinen und völlig vollzogenen Grundbegriffen der Atomistik aus, allein diese gehen nicht vom Standpunkte einer Erfahrungswissenschaft, sondern von dem der atomistischen Philosophie selbst aus. Sie beweisen daher auch nicht, wie die Atomenlehre in den Erfahrungswissenschaften, sondern nur wie sie in der Philosophie selbst existirt.

Die Atomenlehre ist an sich kein Theorem irgend einer Erfahrungswissenschaft, sondern ein Philosophem. Das folgt nicht nur aus der Natur der Sache, sondern wird durch die Geschichte der Naturphilosophie bestätigt, welche zeigt, dass die Entstehung wie die Fortbildung dieser Lehre der Philosophie angehört. Die Atomenlehre kommt freilich auch in den empirischen Naturwissenschaften zur Anwendung. Allein das beweist nur, dass in diesem Punkte die Naturforscher, welche diese Anwendung machen, nicht Empiriker, sondern Philosophen sind. Der Unterschied zwischen einer empirischen und philosophischen Wissenschaft ist überall kein persönlicher, sondern ein functioneller. Wenn der Empiriker selbst die Grundbegriffe seiner besonderen Wissenschaft untersucht und erklärt, so bleibt dies doch immer Philosophie. Es giebt auch in der That mehr Philosophie, als die Systeme derselben fassen. Denn auch in allen Erfahrungswissenschaften, die mehr als eine blosse Sammlung von Thatsachen sind, ist stets Philosophie enthalten, die von den Systemen nicht ganz mit umfasst wird, da sie nicht auch ihre Anwendung in den Erfahrungswissenschaften zur Darstellung bringen.

Für die Erfahrungswissenschaften sind aber die Philosopheme nur Hülfsbegriffe, deren consequente Ausbildung sie nicht betreiben, man daher auch in ihnen nicht suchen darf. Sie haben ein anderes unmittelbares Ziel des Erkennens als die Philosophie und gehen in ihre Theoreme und Dogmen nur soweit ein, als sie sie für ihre Zwecke anwenden und gebrauchen können. Es ist daher auch ein vergebliches Bemühen, in den empirischen Naturwissenschaften eine consequent ausgebildete Atomistik zu suchen. Vielmehr gestaltet sie sich von selbst nach den Bedürfnissen der einzelnen Erfahrungswissenschaften und ihrer Theile um. Dazu kommt noch, dass die Erfahrungswissenschaften

nicht wählerisch sind, sondern neben den atomistischen Hypothesen auch andere zur Anwendung bringen. Wir beklagen und tadeln das nicht, da wir die Rechte der Erfahrungswissenschaften neben der Philosophie völlig anerkennen. Die empirische Wissenschaft will die Erklärung des Einzelnen, und wo sie da ein Allgemeines findet, das etwas erklärt, verwendet sie es, ohne sich viel darum zu bekümmern, ob das eine Allgemeine mit dem anderen völlig harmonirt, falls nur die Wahrheit der Empirie dadurch nicht gefährdet wird. Die Erfahrungswissenschaften verfahren weit mehr in dem Glauben, dass verschiedene Elemente der Wahrheit mit einander verträglich sind, als dass einseitig, wie oft die Philosophie es macht, Alles auf einem Bruchstücke des Ganzen erbauet werden müsste. Daher nimmt aber auch jedes Philosophem in seiner Anwendung und Durchführung in den Erfahrungswissenschaften eine andere Gestalt an, als dasselbe in der Philosophie selbst besitzt.

Aus diesen Gründen kann man auch wohl zwischen einer physikalischen und philosophischen Atomenlehre unterscheiden, wie dies von Fechner [1] proponirt worden ist, der aber die physikalische Atomenlehre nicht als ein Philosophem will gelten lassen. Er sieht sie als eine unumstössliche, in sich selbst gewisse und von aller Philosophie unabhängige, der Physik immanente Lehre an. Daneben will er freilich auch eine philosophische Atomenlehre zugestehen, welche aus sogenannten höheren Gesichtspunkten die Annahme der Atomen begründen und erklären soll. Doch räumt Fechner auch wiederum ein, dass der Unterschied der physikalischen und der philosophischen Atomistik keine Scheidung in der Sache, sondern nur eine in der Form sei. Auf der einen Seite erscheint die Atomistik bei Fechner als eine vorläufige Hypothese, die noch eine weitere Begründung durch die Philosophie erfordert, auf der anderen Seite aber als eine für die Physik ausgemachte Wahrheit, die für sich selbst zeugt. Fechner streitet für die Wahrheit der Atomenlehre gegen verkehrte Auffassungen und einseitige Beurtheilungen derselben von Seiten anderer philosophischer Standpunkte und möchte sie da gerne schlechthin gewiss und unbestreitbar hinstellen, obgleich er auf der anderen Seite doch wieder in der s. g. philosophischen Atomenlehre selbst eine weitere und tiefere Begründung dafür sucht. Es werden daher die Annahmen der Physik doch wohl nur vorläufige sein, die, weil sie ungewiss sind, die weitere Begründung durch die Philosophie erfordern. Wenn wir daher auch einstimmen, dass die Anwendung einer Lehre etwas anderes ist als ihre Aufstellung, so können wir doch die Atomenlehre selbst nur für ein Philosophem, nicht aber für ein Theorem irgend einer Erfahrungswissenschaft halten, für die sie stets nur eine vorläufige und ungewisse Hypothese ist.

§. 113. Die philosophische Begründung der Atomenlehre.

Wir können nur eine philosophische Begründung der Atomenlehre anerkennen. Giebt es für sie auch noch Gründe der Erfahrung und der Rechnung, so können diese doch nur als Bestätigung der bereits durch die Gründe des

[1] Gustav Theodor Fechner. Ueber die physikalische und philosophische Atomenlehre.

philosophischen Denkens erzeugten Atomenlehre dienen. Sie selbst bringen sie nicht hervor, sondern setzen schon ein philosophisches Denken voraus, aus dem allein ihre Entstehung sich ergiebt. Ohne Philosophie giebt es keine Atomistik.

Der Gedanke, dass es ein Einfaches als Letztes der Theilung geben müsse, beruht auf keiner Empirie, sondern auf einer Forderung der Vernunft oder des systematischen Denkens. Die Empirie gelangt stets nur bis zu einer Theilung ins Unendliche und zu jeweiligen, nicht aber bis zu absolut letzten Grenzen der Theilung. Dass die Theilung nicht ins Unendliche fortgeht, sondern wir zuletzt zu dem Einfachen, welches nicht mehr zusammengesetzt ist, gelangen, gründet sich auf Forderungen des systematischen Denkens. Die Vernunft fordert in allem Erkennen, wenn dasselbe überhaupt möglich sein soll, einen letzten Abschluss, eine Vollendung, denn sie setzt allen Thätigkeiten ein letztes Ziel. Eine Theilung und Auflösung ins Unendliche ist kein vernünftiger und systematischer Gedanke. Denn der *regressus in indefinitum* ist ein Rückgang, der zu nichts gelangt und daher ein Gedanke, der mit sich selbst in Widerspruch ist. Wenn Erkenntniss möglich sein soll, so muss es nicht nur ein absolutes Ganze geben, worüber hinaus kein grösseres Ganze mehr möglich ist, sondern es muss auch etwas Einfaches geben, das nicht mehr zusammengesetzt ist. Denn denkend erkennen wir nur durch Unterscheidung und durch Verbindung. Auf diesen Functionen des Gedankens beruht alles systematische und methodische Erkennen. Der Gedanke aber würde sein Werk nicht vollenden können, wenn es nicht letzte Unterscheidungen und eine letzte Verbindung gäbe. Giebt es aber letzte Unterscheidungen, so muss es auch ein Einfaches oder Atome geben. Diese Forderung des systematischen Denkens liegt der Begründung der Atomenlehre in ihren mannigfachsten Gestaltungen zu Grunde. Sie nimmt absolute Minima der Ausdehnung oder einfache Stoffe, oder Monaden, oder einfache Substanzen und Wesen an, weil sie ein System des Gedankens und der ihm entsprechenden Realität setzt, welches nicht anders möglich ist, als wenn wir in allen Unterscheidungen zu Ende, d. i. zum Einfachen gelangen. Die Atomenlehre ist gerade deshalb ein Philosophem, weil sie auf der Anerkennung dieser Forderung sich gründet. Die der Empirie näher liegende Annahme einer Theilung ins Unendliche, welche ein Einfaches mit dem Bewusstsein sucht, dass es nichts Einfaches giebt, ist nur eine skeptische Wendung, welche sich der Anerkennung der Forderungen des systematischen Denkens entziehen will, aber durch seinen inneren Widerspruch zur Bestätigung von der Gültigkeit jener Forderung dient. Die Atomistik beruht daher auf einem idealen Gedanken, auf Forderungen des systematischen und methodischen Erkennens, deren Realität sie annimmt. Die Atome, das Einfache, ist etwas Ideales, von dessen Realität der systematische Gedanke überzeugt ist. Möglich ist es, dass das Einfache nie gefunden wird, sein Dasein wird aber in allem systematischen Denken postulirt und vorausgesetzt. Der Gedanke setzt voraus und fordert, dass es ein Einfaches oder Atome giebt, weil er ein System des Erkennens setzt.

Diese an sich wahre und berechtigte Forderung findet nun aber in der Atomistik eine einseitige Anwendung und Vollziehung. Gefunden werden kann

das Einfache nur durch die Aufhebung des Zusammenhanges. Denken wir allen gegebenen Zusammenhang durch Theilungen aller Art aufgehoben, so werden wir das Einfache finden, jedoch finden werden wir es nur als Bestandtheil des Ganzen, aus dessen Scheidung es gewonnen ist. Das Einfache kann daher auch nur als Bestandtheil des zusammenhängenden Ganzen, durch dessen Aufhebung es gefunden wird, aufgefasst werden. Die Atomistik aber vollzieht diese Forderungen einseitig. Denn sie abstrahirt einerseits davon, dass das Einfache nur durch die Aufhebung des Zusammenhanges, und dass es andererseits deshalb nur als Bestandtheil eines Ganzen gedacht werden kann. Sie setzt das Einfache einerseits als eine ursprünglich gegebene Vielheit und sieht davon ab, dass es nur durch die Aufhebung des Zusammenhanges zu finden ist, und sie setzt es andererseits als ein Ganzes, das nicht Bestandtheil eines anderen sein kann. Sie denkt die Atome als eine ursprünglich gegebene Vielheit des Einfachen, welche allen realen Zusammenhang ausschliesst und nur einen scheinbaren für einen Zuschauer zulässt. Willkürlich und gewaltsam sieht sie also davon ab, dass die Vielheit des Einfachen nur in Beziehung auf die Einheit des Ganzen und als Bestandtheil desselben gedacht werden kann, da sie das Verfahren ignorirt, wodurch wir möglicher Weise zum Einfachen gelangen können. Beachtete sie das Verfahren selbst, so würde sie das Einfache nur in Beziehung auf den Zusammenhang, die Vielheit der Theile nur in Beziehung auf die Einheit des Ganzen denken. Da sie aber von diesem nothwendigen Denken absieht, so verfällt sie in den Irrthum, dass die Atome als eine zusammenhangslose Vielheit das ursprünglich Gegebene seien. Dies ist eine Phantasie, aber kein nothwendiger Gedanke. In der körperlichen Ausdehnung sind Multiplicität und Continuität nur zusammen zu denken. Denn wir gelangen zu der Vielheit der einfachen Theile nur durch die Aufhebung ihrer Continuität und können daher die Theile nur als Bestandtheile des verbundenen Ganzen ansehen. Sollten sie nicht so betrachtet werden, so müssten sie auch ohne die Aufhebung ihrer Continuität gegeben sein, was doch niemals der Fall ist. Wie wir nur durch ein systematisches Denken zum Einfachen gelangen, so kann es auch ohne ein System nichts Einfaches geben. Der Mangel der Atomenlehre besteht nicht in der Annahme von Atomen, sondern darin, dass sie nicht als Theile und Glieder eines Ganzen, einer Einheit und eines Zusammenhanges von vorneherein gedacht werden.

Wie die Atomenlehre in der Vollziehung der Forderung, dass es ein Einfaches giebt, einseitig verfährt, so ist auch ihr metaphysischer Grundsatz, dass in allen Dingen und Erscheinungen die subsistirenden Theile, Stoffe und Atome das Wesentliche, ihre Verbindung und ihr Zusammenhang aber das Zufällige sei, entsprechend diesem Verfahren nicht zu rechtfertigen. Die einfachen subsistirenden Theile und Stoffe hält man für das Wesen der Dinge nur deshalb, weil man sie als eine ursprünglich gegebene und zusammenhangslose Vielheit voraussetzt und im concreten Erkennen vergisst, dass sie nur durch die Scheidungen der Verbindung und als ihre Bestandtheile gegeben sind. Das Wesen der Dinge kann daher in den einfachen Stoffen und subsistirenden Theilen nur zusammen mit ihren Verbindungsformen erkannt werden.

Der Annahme von Atomen liegt eine Forderung des systematischen Denkens zu Grunde. Die Annahme der leeren Zwischenräume entspringt aber nicht aus einer Forderung des systematischen Denkens, sondern aus einer willkürlichen und unbegründeten Abstraction. Empirisch lässt sich die Annahme der leeren Zwischenräume weder direct, noch indirect begründen. Was auf die Sinne einen Eindruck macht, ist ein materieller oder erfüllter, aber kein leerer Raum. Der leere Raum kann keinen Eindruck auf die Sinne machen. Aber auch nicht indirect kann aus der Erfahrung die Annahme der leeren Räume bewiesen werden, da die angeblich leeren Räume in der ponderablen Materie doch von einer inponderablen erfüllt sind. Ob aber in der imponderablen Materie leere Räume sich finden, kann empirisch nicht ausgemacht werden. Die Annahme derselben stammt auch aus einem anderen Gedankengange. An sich ist der Begriff eines leeren Raumes eine Abstraction von dem vollen Raume. Diese Abstraction setzt aber die Realität des vollen Raumes voraus, der das empirisch Gegebene ist. Nach der Meinung der Atomenlehre soll aber nicht blos der volle Raum, sondern auch der leere Raum real sein wie jener. Bei der Annahme der leeren Räume handelt es sich nicht um die Abstraction des leeren Raumes aus dem vollen, sondern um die Begründung der objectiven Realität dieses Begriffes.

Der Grund davon, dass es neben den Atomen noch leere Zwischenräume geben muss, liegt in den Atomen selbst, wie sie von der Atomistik aufgefasst werden. Die Atome sind freilich die Principien der Materie, indess allein aus Atomen, welche Eigenschaften sie auch haben mögen, lässt sich doch die wahrnehmbare Körperwelt, ihre Zustände und Veränderungen nicht erklären. Denn an sich sind die Atome unwahrnehmbar, absolute Minima und nur Gegenstände des Gedankens. Aus einer noch so grossen Summe von Atomen kann ohne leere Zwischenräume doch keine endliche und sichtbare körperliche Ausdehnung entstehen. Die leeren Zwischenräume bewirken einen Abstand der Atome von einander, und erst hierdurch entsteht eine wirkliche körperliche Ausdehnung. Die Materie ist allein aus Atomen unerklärbar, wenn nicht zu den Atomen noch leere Zwischenräume hinzutreten. Das gilt nicht nur von der corpuscularen, sondern von jeder Atomistik. Sie muss noch einen leeren Raum hinzunehmen, um aus einer Summe von Atomen körperliche Ausdehnung entstehen zu lassen. Das ist auch bei Leibniz und bei Herbart der Fall. Aus den Monaden, welche Leibniz, und den einfachen Wesen, welche Herbart nennt, entsteht die Materie nur, indem sie einen leeren Raum hinzudenken. Denn körperliche Ausdehnung giebt es nicht ohne Continuität und Multiplicität, welche ihre nothwendigen Momente sind. In der Vielheit der Atome liegt wohl das eine Moment der körperlichen Ausdehnung, aber zugleich auch die Negation des anderen Momentes. Soll nun aber aus Atomen eine körperliche Ausdehnung entstehen, so ist das nur möglich, wenn auch das andere Moment wiederum hinzukommt. Die Atomistik denkt dieses Moment aber getrennt von dem anderen in den leeren Räumen, welche eine Trennung, einen Abstand, eine Entfernung der Atome von einander bewirken. Die Atomistik sondert die beiden Momente der körperlichen Ausdehnung völlig von einander und stellt beide als

gesonderte Realitäten neben einander, die Vielheit liegt in den Atomen, die Continuität aber in dem leeren Raume, der alle Atome umgiebt und von einander trennt, in sich selbst aber ein Continuum ist. Die Atome sind discret, der leere Raum aber ist continuirlich. Seine Annahme gründet sich also zuerst darauf, dass blos aus Atomen die Materie, die körperliche Ausdehnung sich nicht erklären lässt. Der leere, aber continuirliche Raum muss hinzutreten, wenn aus Atomen eine Körperwelt entstehen soll. Dass aber der leere Raum in dieser Weise selbst ein Erklärungsprincip der körperlichen Natur wird, liegt in der einseitigen Vollziehung der Forderung, welche der Atomenlehre zu Grunde liegt. Vollzöge sie diese Forderung richtig, so würde sie nicht nöthig haben, hinterher zu den Atomen noch den leeren Raum als Erklärungsprincip der Körperwelt hinzuzunehmen. Denn nur, weil sie willkürlich und gewaltsam bei dem Einfachen davon absieht, dass es nur durch die Aufhebung des Zusammenhanges und als ein Bestandtheil des Ganzen sich ergiebt, muss sie dann das zweite nothwendige Moment nun aber völlig getrennt von dem ersten als real in den leeren Räumen setzen.

Ein zweiter Grund für die Annahme der leeren Räume liegt in der Erklärung der Bewegung. Gäbe es blos Atome, so würde überall keine Bewegung möglich sein. Atome sind unveränderlich. Sie können ihre Gestalt und Ausdehnung nicht verändern. Die Ausdehnung, welche sie haben, kann weder grösser noch kleiner werden. Wenn es blos Atome gäbe, würde Bewegung nur möglich sein, falls sie sich contrahiren oder expandiren können. Dies ist aber bei wahren Atomen nicht möglich. Soll Bewegung daher möglich sein, so muss es neben den Atomen einen leeren Raum geben, worin sie sich bewegen können. Bewegung von Atomen ist nur in leeren Räumen möglich. Die leeren Räume gelten für real, weil sie nothwendige Bedingungen aller Bewegungen sind, wenn es Atome giebt.

Ein dritter Grund für die Annahme leerer Zwischenräume liegt in der Erklärung der veränderlichen Verschiedenheiten in der sichtbaren Körperwelt, wie z. B. der Aggregationsformen, der chemischen Veränderungen. Denn da die Atome unveränderlich sind, so lässt sich aus ihnen auch gar keine Veränderung und abgeleitete Verschiedenheit in der Körperwelt erklären. Die ursprüngliche, aber zugleich unveränderliche Verschiedenheit liegt in den ursprünglichen Eigenschaften der Atome selbst, in ihrer Grösse und Gestalt oder auch in ihren Qualitäten, seien diese nun materieller oder geistiger Art. Allein diese Eigenschaften der Atome sind absolut und unveränderlich. Wenn die Veränderungen und die abgeleiteten Verschiedenheiten in der Körperwelt erklärt werden sollen, so ist das nur durch die Annahme von leeren Räumen möglich. Die leeren Räume können sich verändern, nicht aber die Atome. Die verschiedenen Aggregationsformen der Körper, ihre chemische und mechanische oder physikalische Veränderung ist nur aus den Veränderungen der leeren Räume zu gewinnen. Aus diesem Grunde kann es bei Atomen auch gar keine anderen als räumliche Veränderungen in der Entfernung und Nähe, in der Lage und Stellung der Atome geben. Auch dies hat seinen Grund in der ursprünglichen Bildung des Begriffes der Atome. Indem die Atome als

ursprünglich gegebene und zusammenhangslose Vielheit des Einfachen aufgefasst werden, repräsentiren sie zugleich das beständige und unveränderliche Sein und die ursprüngliche Verschiedenheit der Dinge. Geschieden davon, repräsentiren die leeren Räume das unbeständige und mannigfach verschiedene Werden, die Einheit und den Zusammenhang und die abgeleitete Verschiedenheit der Dinge. Wenn das eine vorausgenommen ist durch eine willkürliche Abstraction, nun aber doch die gegebenen Phänomene der Natur erklärt werden sollen, bleibt nichts anderes übrig, als das, wovon man willkürlich abstrahirt hat, in den leeren Räumen wieder hinzuzunehmen. Alle metaphysischen Kategorien werden so in der Betrachtung der Dinge von einander getrennt oder gerissen und können dann nur neben einander hingestellt werden.

Viel anders als die corpusculare Atomistik verfährt in dieser Hinsicht keine Atomenlehre. Auch bei HERBART findet sich diese gewaltsame und willkürliche Abstraction in der Betrachtung jener metaphysischen Begriffe. Er scheidet das Sein vom Werden, die Vielheit von der Einheit, die Einfachheit von der Continuität, die ursprünglichen Beschaffenheiten von den abgeleiteten Verschiedenheiten und verlegt die eine Hälfte dieser Begriffe in die Welt der einfachen Wesen und die andere Hälfte in ihr zufälliges Zusammen (die leeren Räume). Die Welt des Vollen und des Leeren sind zwei geschiedene Welten, von denen die eine hinterher, wenn es sich um die Erklärung der gegebenen Phänomene handelt, zur anderen doch als eine Wahrheit und Realität hinzukommt. Denn die leere Welt ist ein ebenso nothwendiges Erklärungsprincip des Gegebenen, als die volle. Man beginnt das Werk der Abstraction nur willkürlich an dem einen Ende und denkt erst hinterher daran, dass man mit Abstractionen beginnt, welche stets nur wahr sein können, wenn man zugleich das ins Auge fasst, wovon man zuerst abstrahirt hat. Thäte man dies aber im Anfange, würde man am Ende nicht nöthig haben, die leeren Räume als eine Realität und als Erklärungsprincip anzunehmen.

Etwas anders verfährt freilich in dieser Hinsicht die Monadologie von LEIBNIZ, insofern sie den leeren Raum als Erklärungsprincip in einem viel beschränkteren Umfange verwendet. Nur um aus Monaden überhaupt eine körperliche Ausdehnung entstehen zu lassen, muss auch LEIBNIZ zu den Monaden den leeren Raum hinzunehmen. Ausserdem aber liegen in den Monaden selbst Erklärungsgründe für die Bewegungen, Modificationen und Veränderungen in der Körperwelt, wo die corpusculare Atomistik und HERBART den blossen leeren Raum, blos geometrische Verhältnisse als wirkende Gründe und als Erklärungsprincipien des Realen zu Hülfe nehmen müssen. In den Monaden liegt selbst ein Princip der Vielheit und der Veränderung, was die übrige Atomistik in den leeren Räumen oder den blos geometrischen Verhältnissen setzen muss. LEIBNIZ denkt die einfachen Wesen nicht wie die Corpuscularphilosophie und HERBART als völlig unveränderliche Substanzen und hat daher nicht nöthig, für die Bewegung und die Veränderungen in den leeren Räumen Erklärungsprincipe hinzuzunehmen. Nur in der körperlichen Ausdehnung selbst scheidet er schlechthin die Multiplicität von der Continuität, ausserdem aber trennt er nicht gewaltsam das Sein von dem Werden, die Einheit von der Vielheit in

dem Realen, wie es sonst in der Atomistik geschieht. Indess an den Monaden, welche Leibniz annimmt, findet Herbart und die corpusculare Atomistik gerade dies als eine inconsequente Ausführung der Atomenlehre tadelnswerth, dass die Monaden nicht blos ein unveränderliches Sein und starre Gestalten, sondern Kräfte der Veränderung sind, und also der Grund aller Bewegung und Veränderung und abgeleiteten Verschiedenheiten nicht ausser ihnen in den leeren Räumen liegt. Dieser Tadel hat von dem Standpunkte der consequenten Atomenlehre eine gewisse Berechtigung, da die Einseitigkeit, womit sie beginnt, wohl von ihr selbst, nicht aber von Leibniz bis zu Ende durchgeführt wird. Unter allen Umständen liegt aber der Grund, warum überall in der Atomenlehre leere Räume als Erklärungsprincipien des Realen angenommen werden, in der ursprünglichen Bildung des Begriffes der Atome. Giebt es Atome, so müssen auch leere Räume als Erklärungsprincipien des Realen, in welchem Umfange auch immer, angenommen werden. Die Atomistik sieht sich wegen ihrer einseitigen Vollziehung der Forderung des systematischen Denkens, worauf sie beruht, immer genöthigt, ausser in dem Realen selbst, das sie annimmt, in den Atomen, noch Erklärungsgründe für das Gegebene in blossen geometrischen Verhältnissen, d. i. in leeren Räumen anzunehmen. Sie setzt das blosse Auseinander und Zusammen der Atome als Erklärungsgründe für die körperlichen Phänomene.

Giebt es Atome und leere Räume, so scheinen damit alle Bedingungen für die Erklärung der Körperwelt gegeben zu sein. Denn in den leeren Räumen liegt die Möglichkeit sowohl der Setzung als der Aufhebung der Verbindung und Gemeinschaft der Atome, woraus alles Uebrige wie von selbst sich ergiebt. Die Atome brauchen nur in einer verschiedenen Nähe und Entfernung, Lage und Stellung zu einander gedacht zu werden, so lässt sich daraus, wie es scheint, die Welt der Phänomene ableiten. In der That ist das aber doch nicht der Fall, denn es muss, wenn dies möglich sein soll, noch zweierlei hinzukommen, Bewegung nämlich und ein äusserer Zuschauer. Denn die blosse Variation der geometrischen Verhältnisse oder der leeren Räume setzt schon Bewegung unter den Atomen und einen äusseren Zuschauer voraus. Der Zuschauer ist dazu ebenso nothwendig, wie die Bewegung der Atome. Denn die Atome können nicht wirklich, sondern nur scheinbar, nicht real, sondern nur idealiter zusammen sein. Ein scheinbares und blos ideales Zusammensein der Atome drücken nun freilich die leeren Zwischenräume aus, welche zugleich die Continuität der Atome, ihren realen Zusammenhang verhindern. Allein ein scheinbares und ideales Zusammensein der Atome kann es doch nur geben für einen Zuschauer. Leere Räume, blosse geometrische Verhältnisse giebt es überall nicht ohne einen Zuschauer. Es fragt sich daher, wie zu den Atomen und den leeren Räumen, als ersten Erklärungsgründen der Atomistik, noch Bewegung und ein Zuschauer hinzukommt.

In der corpuscularen Atomistik kommt beides nur als ein empirisch Gegebenes hinzu. Denn in den körperlichen Atomen liegt weder ein Grund der Bewegung, noch des Anschauens. Die Bewegung und die Anschauung wird nur als ein empirisch Gegebenes hinzugenommen. An sich ist beides, Bewegung und Anschauung, den Atomen zufällig, nothwendig aber müssen sie doch für die Erklärung

der Körperwelt hinzukommen. Es wird nur auf der Grundlage der Erfahrung und aus dem Bedürfnisse der Erklärung die Bewegung und die Anschauung hinzugenommen. Meistens übersieht aber die Atomistik, da sich beides als empirisch gegeben vorfindet, dass doch nicht aus der Annahme von Atomen von selbst auch Bewegung und Anschauung schon folgt. Gerade weil in den Atomen selbst kein Grund der Bewegung liegt und sie nur als ein empirisch Vorgefundenes aufgenommen wird, ist die Atomenlehre eine rein mechanische Naturansicht. In diesem Punkte unterscheidet sich auch HERBART's Lehre nicht von der gewöhnlichen corpuscularen Atomistik. Denn in den einfachen Wesen, welche er annimmt, liegt an sich kein Grund weder der Bewegung noch der Anschauung, welche nur auf Anlass der Erfahrung zufällig hinzukommen. Gewissermassen kann man daher auch sagen, die Atomenlehre habe zwei speculative und zwei empirische Principien. Die speculativen sind die Atome und die leeren Räume, die empirischen aber die Bewegung und die Anschauung. Die letzteren beiden sind überdies bei den Erklärungen im Einzelnen viel stärkere Erkenntnissmittel, als die ersteren beiden.

Die Monadenlehre LEIBNIZ's weicht auch in diesem Punkte von der corpuscularen Atomistik und von HERBART's Lehre ab. Denn in den Monaden liegt selbst ein Grund der Bewegung und der Anschauung, weil die Monaden geistige Substanzen sind, welche nicht wie bei HERBART blos unter Umständen, sondern ihrem Wesen nach anschauen und begehren. In den Bestrebungen der Monaden aus einem Zustand der Empfindung in den andern überzugehen, findet LEIBNIZ aber den Grund aller Bewegung, welche davon nur das äussere Phänomen sein soll. Die strengere Atomistik aber sieht in diesen Bestimmungen der Monaden bei LEIBNIZ eine inconsequente Gestaltung der Atomenlehre, weil sie meint, dass dem Begriffe und dem Wesen der Einfachheit, wie es in den Atomen und den realen Wesen HERBART's vorhanden sein soll, an sich Bewegung und Anschauung widerspricht. Alsdann aber bleibt nichts übrig, als Bewegung und Anschauung, ohne welche aus Atomen und leeren Räumen keine Erklärung der Körperwelt möglich ist, als blos empirisch Gegebenes aufzunehmen.

Giebt es Atome als eine ursprünglich gegebene Vielheit des Einfachen, so muss es auch leere Räume, zufällige Bewegungen und einen äusseren Zuschauer geben als nothwendige Erklärungsprincipien der Körperwelt. Die letzten drei Annahmen sind aber immer nur eine Folge der ersten Annahme, welche selbst nur aus einer einseitigen Vollziehung einer freilich an sich begründeten Forderung des systematischen Denkens entspringt. Zur Atomistik gehört nun aber auch die Beantwortung der Frage, worin das Einfache gesetzt wird, oder welche Eigenschaften und Bestimmungen die Atome haben. Es könnte wohl scheinen, als sei es überall nicht nothwendig, ja sogar voreilig, diese Frage zu beantworten, da es genüge, nur überhaupt das Einfache und Atome anzunehmen, einerlei welche Eigenschaften sie haben. Daraus würde ein völlig unbestimmter Atomismus hervorgehen, der bei der Stellung der Probleme selbst stehen bleibt und die Lösung derselben dahingestellt sein lässt. Ein solcher skeptischer Atomismus liegt in HERBART's Lehre von dem einfachen Wesen

völlig unbekannter und unerkennbarer Qualitäten, worauf man selbst nicht aus den körperlichen und geistigen Erscheinungen, die doch aus ihrem Zusammensein hervorgehen sollen, soll schliessen können. Allein mit einem solchen unbestimmten Begriffe, der nur die Forderung, welche darin erfüllt sein soll, aufstellt, lässt sich in der That nicht operiren. Sobald daraus etwas erklärt werden soll, werden doch die Eigenschaften der einfachen Wesen, wenn auch nur analogisch bestimmt. Und bei HERBART werden sie in Analogie mit den Eigenschaften der Seele aufgefasst, weshalb wir schon früher seine Atomenlehre zum Idealismus gerechnet haben.

Bleibt man nun aber nicht bei dem unbestimmten Begriff einfacher Wesen oder bei der blossen Forderung dieses Begriffes stehen, so tritt hier vor allem die Frage auf, ob das Einfache überhaupt gefunden oder bestimmt werden kann aus der körperlichen Ausdehnung. Die Atome würden da nur sein können absolute Minima der körperlichen Ausdehnung. Das absolute Minimum der Ausdehnung muss zugleich eine unveränderliche Gestalt sein, welche einen vollen Raum umschliesst. Weil der Raum voll ist, sind die Atome undurchdringlich, und weil er das absolute Minimum ist, sind sie absolut hart und können nicht getheilt oder gespalten werden.

Gegen die Annahme körperlicher Atome macht man nun aber geltend, dass der Begriff der Theilbarkeit im Wesen der Ausdehnung liegt und mithin auch die Atome, sobald sie nur noch irgend eine Ausdehnung und Gestalt besitzen, auch theilbar sein müssten, es also keine absoluten Minima körperlicher Ausdehnung geben könne, sondern jedes Kleinste der Ausdehnung seinem Begriffe nach unendlich oder theilbar sei. Das Einfache könne daher in dem Ausgedehnten niemals gefunden oder gesucht werden. Nimmt man dennoch absolute Minima der Ausdehnung an, so müsste ihre Untheilbarkeit aus anderen Gründen folgen. Solche Gründe hat man aber auch geltend gemacht. Man räumt ein, dass alles Ausgedehnte seinem Begriffe nach theilbar ist, dass es aber dennoch absolute Minima des Ausgedehnten gebe, weil es in der Natur keine Kräfte gäbe, welche die Theilung, die im Wesen der Ausdehnung liegt, zu vollziehen im Stande wären. Diese Kräfte vermochten die Theilung nur bis auf gewisse Grenzen zu vollziehen und daher gebe es gleichsam im Widerspruche mit dem Wesen der ausgedehnten Materie doch in ihr absolute Minima der Ausdehnung oder körperliche Atome.

Bei dieser Argumentation für die Annahme körperlicher Atome übersieht man aber einen Umstand. Man sucht die Annahme absoluter Minima der körperlichen Ausdehnung herzuleiten aus dem Unvermögen der Naturkräfte, die im Begriffe selbst liegende Theilung ins Unendliche zu vollziehen. Das Unvermögen, die Theilung ins Unendliche zu vollziehen, liegt aber nicht in den theilenden Kräften, sondern in der Theilung ins Unendliche selbst. Denn dass eine Theilung ins Unendliche nicht vollzogen werden kann, liegt in ihr selbst. Man kann nicht ins Unendliche zurückgehen, ohne irgendwo hinzukommen. Die theilenden Kräfte der Natur würden die Theilung ins Unendliche schon vollziehen können, denn sie können alles, was im Wesen der Dinge begründet ist, aber die Theilung ins Unendliche selbst ist kein vernünftiger Gedanke, sondern

ein Widerspruch. Die Forderung des systematischen Denkens ist, dass es ein Einfaches giebt. Etwas anderes als diese Forderung liegt aber in dem Argumente, wo man aus dem Unvermögen der theilenden Kräfte auf Grenzen der Theilung schliesst, nicht. Das Unvermögen der theilenden Kräfte ist nur der vernünftige Gedanke, dass es ein Einfaches geben muss und die Theilung nicht ins Unendliche gehen kann. Das wahre Unendliche ist das Einfache selbst und die unendliche Theilung ist nur, wie Hegel sie nennt, die schlechte Unendlichkeit d. i. die Theilung, von der man nicht weiss, wie weit sie geht. Eine solche Unendlichkeit wie eine Theilung ins Unendliche kann nie objectiv, sondern nur subjectiv gemeint sein. Gewiss, für uns und empirisch geht alle Theilung ins Unendliche, sie übersteigt unsere Begriffe, aber an sich, in der Natur selbst, objectiv für die theilenden Kräfte geht sie nicht ins Unendliche, sondern auf das Einfache.

Hiernach scheint es nun also, dass wir den Begriff der körperlichen Atome, deren Wesen in der Ausdehnung und Gestalt liegt, für gerechtfertigt halten. Das würden wir auch, wenn wir überhaupt der Ueberzeugung wären, dass das Wesen der Materie in der Ausdehnung liege oder die körperliche Ausdehnung selbst ein Wesen wäre. Dieser Meinung des Cartesius und der corpuscularen Atomistik sind wir aber nicht. Wir werden aber erst später hierauf zurückkommen und wollen daher vorläufig den Begriff körperlicher Atome, deren Wesen in der Ausdehnung liegt, zugeben, indem wir zugleich, wie schon erwähnt, in dieser Abhandlung über die Atomenlehre die Modificationen derselben, welche der idealistischen oder der dynamischen Naturerklärung angehören, hier nicht berücksichtigen.

§. 114. Die Erklärungen der Atomenlehre.

Nachdem wir die Atomenlehre nach der Seite ihrer Begründung betrachtet haben, untersuchen wir nun die Erklärungen, welche sich aus den einmal angenommenen Grundbegriffen ergeben. Obgleich wir diese, wie wir so eben gezeigt haben, nicht in jeder Beziehung für gerechtfertigt halten können, nehmen wir nun doch an, dass sie dies seien, und ziehen sie jetzt nur in Beziehung auf ihre Leistungsfähigkeit für die Erklärungen der Phänomene, welche sich daraus ergeben, in Betracht. Geht man nun von der Annahme aus, dass es materielle Atome giebt, so ergiebt sich doch daraus keine oder nur eine tautologische Erklärung von dem Wesen eines Körpers. Die Atomistik glaubt allerdings eine Erklärung davon zu geben, wenn sie angiebt, jeder Körper bestehe aus Atomen. In der That aber ist das keine Erklärung, sondern nur eine Tautologie. Denn jeder Körper besteht aus Atomen, heisst nur, jeder Körper besteht aus unendlich kleinen, einfachen Körpern, wodurch wir nichts von dem Wesen derselben erfahren. Es liegt darin ebenso wenig eine Erklärung, als wenn man die Frage, was ein Quadrat ist, durch die Angabe beantwortet, es sei eine Summe von unendlich kleinen Quadraten. Die Atomistik scheidet wohl die beiden Momente im Begriffe der körperlichen Ausdehnung, die Multiplicität und die Continuität, und verlegt das eine in die Atome und das andere in die leeren Zwischenräume, erklärt wird sie aber dadurch nicht, dass man nun jeden Körper wiederum

bestehen lässt aus Atomen und leeren Zwischenräumen. Die Erklärung wird dadurch nur zurückverlegt in die Atome und in die leeren Zwischenräume, aber nicht gegeben, sondern nur als geleistet angenommen. Liegt das Wesen der Materie in der Ausdehnung, so wird sie dadurch nicht erklärt, dass man sie bestehen lässt aus zum Theil erfüllten und zum Theil nicht erfüllten Räumen. Die Erklärung besteht nur in der Wiederholung des Zuerklärenden. Man stellt dasselbe nur zweimal vor, einmal wie es sich der Anschauung als ein Ganzes und dann wie es der Phantasie, in seine Theile sich aufgelöst, repräsentirt. Erklärungen aus Atomen sind nur Tautologien, weil es dabei gar kein Allgemeines giebt, ohne welches jede Erklärung nur *per idem* geschehen kann. Die Erklärungen sind schon im Voraus gegeben in den Atomen, welche man annimmt. Die Erklärung daraus ist nur eine Wiederholung der Eigenschaften, welche in den Atomen als absolute und durch sich selbst erklärte Principien angenommen sind. Die Atomenlehre giebt keine Erklärung vom Wesen der Dinge, weil sie nur ein Urtheil über ihre Existenz fällt. Sie behauptet nur, dass das als eine ursprüngliche Vielheit des Einfachen existirt, was man für das Wesen der Dinge hält. Die Erklärung vom Wesen der Dinge ist darin schon vorausgesetzt. Die Atomenlehre giebt nur eine Beantwortung der Frage nach der ursprünglichen Vielheit oder Einheit des Seienden, dessen Qualität sie als bekannt und erklärt voraussetzt. Sie entscheidet sich dafür, dass die Vielheit des Seienden das Ursprüngliche sei. In ihrer Erklärung aus der Zusammensetzung derselben vermittelst der leeren Räume kann sie aber nur die Qualität des Seienden wiederholen, welche sie als eine absolute und in der That als dunkle Qualität in den Atomen angenommen hat. Sollte sie eine Erklärung geben, würde sie nur in der Erklärung der Eigenschaften der Atome liegen können, allein sie gelten als absolute Principien, die keiner Erklärung bedürfen. Sollten sie erklärt werden, müsste ein realer Zusammenhang, eine reale Einheit vorausgesetzt werden, was aber dem Wesen der Atomistik widerspricht. Aus diesen Gründen giebt die Atomenlehre keine anderen als tautologische Erklärungen. Alle Erklärungen können nur durch Verbindungen gegeben werden. Wo aber keine Verbindung als nur dem Scheine nach vermittelst leerer Räume möglich ist, kann alle Erklärung nur *per idem* geschehen. Jedoch ein berechtigtes Moment liegt in der Atomenlehre auch nach dieser Seite. Dasselbe liegt darin, dass Materie und körperliche Ausdehnung überhaupt nicht denkbar ist ohne eine Vielheit. Einem einzigen für sich existirenden Wesen kann das Prädicat der Materie und der körperlichen Ausdehnung nie zukommen. Sie setzen stets eine Vielheit voraus. Darin, dass sie dies geltend macht, liegt das Berechtigte der Atomistik, welche Gestalt sie auch haben mag und wie sie auch über die Eigenschaften der Atome denkt. Die corpusculare Atomistik hebt nun freilich auch dies nothwendige Moment hervor, indem sie alle Körper aus einer Vielheit von Atomen bestehen lässt, aber die Atome selbst sind schon, was aus ihnen erklärt werden soll, Körper.

Die Erklärungen der Atomenlehre sind nicht blos Tautologien, sondern setzen auch stets einen betrügerischen Schein voraus. Ohne leere Zwischenräume lässt sich aus Atomen keine Materie, kein wahrnehmbarer Körper con-

struiren. Erst durch das Hinzutreten der leeren Zwischenräume entsteht aus Atomen die endliche Materie und Körperwelt. Sie sind daher fast nothwendiger als die Atome, welche Eigenschaften dieselben auch haben mögen. Erst durch die leeren Zwischenräume entsteht wirkliche Ausdehnung. Sie bewirken erst das Aussereinander, die Trennung, den Abstand der Atome von einander. Wären Atome vollkommen zusammen oder existirten sie allein, würden sie keine Materie, keinen Körper bilden. In der That ist es hierbei einerlei, was für Eigenschaften man den Atomen zuschreibt. Auch wenn man sie wie die Pythagoreer und Herbart als blosse körper- und ausdehnungslose Einheiten, oder wie Leibniz als Monaden sich vorstellt, die leeren Räume (bei Herbart das unvollkommene Zusammen) müssen als zweites Princip hinzutreten, um wirklich aus Atomen eine materielle und körperliche Welt zu bilden. Es versteht sich nun freilich von selbst, dass daraus keine andere als discrete Raumerfüllung entstehen kann und jede continuirliche ein blosser Schein der Sinne ist. Ein solcher blosser Sinnenschein muss der Principien wegen auch da angenommen werden, wo rein chemische Mischungen gegeben sind, muss in jeder Materie, auch der flüssigen und imponderablen angenommen werden. Jede Raumerfüllung aus Atomen kann nur discret sein, weil die Atome ohne leere Räume gar keinen Körper bilden können. Alle continuirliche Raumerfüllung soll daher undenkbar, ein Widerspruch in sich selber sein und die Sinne, wo sie doch continuirliche Raumerfüllung zu zeigen scheinen, uns nur täuschen. Continuirliche Raumerfüllung, aus Atomen zusammengesetzt, ist freilich undenkbar. Ausserdem aber wird sie gedacht und zwar von den Atomisten selbst, denn jedes wirkliche Atom erfüllt seinen Raum ohne leere Zwischenräume continuirlich. Da die Atomisten sie stets selbst in den Atomen denken, muss sie also an sich wohl denkbar sein. Nur ein aus Atomen zusammengesetzter Körper kann seinen Raum nicht continuirlich erfüllen. Dies beruht aber nicht auf einer Erkenntniss aus der Erfahrung, aus den Thatsachen der Natur, sondern ist nur eine Folgerung *a priori* aus der Annahme von Atomen. Nur Atome können keine continuirliche Raumerfüllung bilden, sonst ist sie wohl möglich.

Wenn alle Raumerfüllung bei der Annahme von Atomen nur discret sein kann, indem die Materie aus ihnen nur durch das Hinzutreten der leeren Räume entsteht, so ergiebt sich daraus aber auch, dass die Materie als Gegenstand der Anschauung nur ein Schein der Sinne ist. Das ist sie nicht nur bei Herbart und Leibniz, sondern auch in der corpuscularen Atomistik. Ihre Atome sind freilich materiell. Allein die Atome zusammen sind nur eine Materie des Gedankens und nicht der Anschauung. Die Materie als Gegenstand der Anschauung ist nur ein Schein, der aus den Atomen durch die leeren Zwischenräume entsteht. Es scheint für die Anschauung materielle Ausdehnung vorhanden zu sein, was aber wirklich vorhanden ist, sind nur leere Räume und die Materie der Atome, welche kein Gegenstand der Anschauung, sondern nur des Gedankens ist. Auch der allergrösste Haufe von Atomen würde ohne leere Zwischenräume keine wahrnehmbare Materie bilden. Da die Materie als Gegenstand der Anschauung, wenn es Atome giebt, nur ein Schein ist, so liegt hierin eine idealistische Tendenz, welche in jeder Atomenlehre sich findet. Die Materie, als

Gegenstand der Wahrnehmung ist ein blosser Schein aus den leeren Zwischenräumen, welche sie aus den Atomen bilden. Denn die leeren Zwischenräume machen aus den Atomen die Materie als Gegenstand der Anschauung. Nicht nur jedes reale oder continuirliche Ganze in der Natur, sondern die wahrnehmbare Materie selbst ist nur ein Sinnesschein, wenn es Atome giebt.

Alle Veränderungen in der Natur können bei der Annahme von körperlichen Atomen nur bestehen in Veränderungen ihrer räumlichen Verhältnisse unter der Bedingung der leeren Räume, da die Atome selbst unveränderlich sind. Es scheint nun aber, dass es in der Natur noch andere Veränderungen giebt, wie in den chemischen und organischen Processen, wo mehr als blosse Veränderungen räumliche Verhältnisse gegeben sind. Allein giebt es einmal Atome, so müssen auch diese Veränderungen auf eine blosse Umänderung der räumlichen Verhältnisse der Atome reducirt werden, weil es principialiter keine andere geben kann. Alle Veränderungen können ausserdem dann nur ein blosser Schein der Sinne sein, die uns täuschen, wenn sie zu lehren scheinen, dass in den chemischen und organischen Vorgängen, selbst abgesehen von allen geistigen Thätigkeiten, mehr als blosse Abänderungen räumlicher Verhältnisse gegeben sind. Denn bei der Annahme von Atomen, welche selbst unveränderliche sind, sind andere als blosse äussere und quantitative Veränderungen unmöglich. Die Atomistik nimmt daher nothwendig und *a priori* an, dass alle inneren und qualitativen Veränderungen, welche die Erfahrung zeigt, ein blosser Schein der Sinne sind. Die Materie als Gegenstand der Anschauung, die continuirliche Raumerfüllung, alle qualitativen und inneren Veränderungen setzt die corpusculare Atomistik von vorneherein ohne Rücksicht auf die Erfahrung als einen blossen Sinnenschein, weil sie ihren metaphysischen Voraussetzungen widersprechen.

Alle Veränderungen fallen, wie jeder reale Zusammenhang, bei der Annahme von Atomen in die leeren Zwischenräume. Was geschehen kann, besteht nur in Veränderungen der Nähe und Entfernung, der Lage und der Stellung der Atome. Alles objective Geschehen ist daher nur ein subjectives, d. h. es wird nur sichtbar, was ausserdem schon vorhanden war. Wenn ein Körper zerreisst, so findet objectiv keine Veränderung statt, sondern es wird nur sichtbar, was ausserdem schon vorhanden war, der Riss unter den Atomen, welche stets durch leere Räume von einander getrennt sind. Das Zerreissen ist nur ein Sichtbarwerden des Risses, der schon da war. Alles objective Geschehene kann daher wie jeder objective und reale Zusammenhang, wenn die Erfahrung Kunde davon zu geben scheint, nur eine Täuschung der Sinne sein. In der Erklärung des empirisch Gegebenen nimmt die Atomenlehre daher stets Sinnestäuschungen an. Diese Täuschungen sind aber nicht wie die gewöhnlichen Sinnestäuschungen, welche aus besonderen Veranlassungen entstehen, rectificirbar, sondern unvermeidlich und unaufhebbar. Die Atomenlehre hebt daher auch die Realität der Erfahrung auf, da sie ihr beständige Täuschung, hinsichtlich des Geschehenen und des Zusammenhanges der Dinge aufbürdet. Sie untergräbt die Ueberzeugung, dass in der Erfahrung Wahrheit ist und sie daraus erkannt werden kann.

Nicht blos unvermeidliche Sinnestäuschungen, sondern auch nothwendige, nicht aufzuhebende Widersprüche muss die Atomenlehre annehmen, wenn sie aus ihren Principien das Gegebene zu erklären versucht. Diese Widersprüche entstehen aus dem Gebrauche des Begriffes der leeren Zwischenräume für die Erklärung des Gegebenen. Die Materie als Gegenstand der Anschauung selbst, ihre verschiedenen Zustände und Veränderungen sind nur aus dem Hülfsbegriff der leeren Zwischenräume zu erklären. Die leeren Zwischenräume bewirken die Trennung und den Abstand der Atome von einander, woraus der Schein der Continuität in der Materie als Gegenstand der Anschauung und sie selbst hervorgeht. Ebenso bedingen sie die verschiedenen Aggregationsformen und alle Veränderungen der Materie, welche durch die Lage und Stellung der Atome bewirkt werden. Die chemischen Veränderungen bestehen nur in den unermesslichen Entfernungen der Lage und Stellung der Atome zu einander.

Die leeren Zwischenräume oder, was dasselbe ist, blosse geometrische Verhältnisse (das blosse Zusammen und Auseinander der Atome) werden daher als wirkende Ursachen angenommen. Dass das Leere oder blosse geometrische Verhältnisse aber wirkende Ursachen sind, ist ein Gedanke, an dessen Widerspruch die Atomenlehre aller Gestaltungen, denn er findet sich überall, nur deshalb keinen Anstoss nimmt, weil sie selbst ohne diesen Widerspruch nicht durchführbar ist. Freilich sucht die Atomenlehre von diesem Widerspruch loszukommen, indem sie ihn entweder für einen dem Denken nothwendigen ausgiebt oder ihn zu verdecken und zu beschönigen sucht. In der That, sagt man, sei es nur eine Fiction, wenn man in der Erklärung des empirisch Gegebenen die leeren Zwischenräume oder die blossen geometrischen Verhältnisse als wirkende Ursachen ansehe. An sich sei das freilich ein Widerspruch, aber er komme auch nur in den imaginirenden und fingirenden Denken des Empirischen vor, und hier sei er blos zum Behufe der Erklärung des Empirischen schon zulässig; denn im Denken, wo man blos die Atome, die vollen Räume, das Reale und die leeren Räume, die blossen Verhältnisse jedes für sich vorstellt, komme er nicht vor. In den Principien und Grundbegriffen selbst sei er daher nicht vorhanden, nur in ihrer Anwendung bei der Erklärung des Empirischen entstehe er, da aber sei er einmal unvermeidlich. In das Unvermeidliche aber müsse man sich ergeben. Dies Raisonnement mag wohl für die eine Geltung haben und eine Beruhigung gewähren, welche einmal an solche unvermeidliche Widersprüche glauben und sich gewöhnt haben. Aber gewöhnt haben sie sich erst daran und nur aus dieser Gewohnheit stammt ihr Glaube oder Aberglaube. Gedanken aber, worin unvermeidliche Widersprüche vorkommen, können wir aber nicht für Wahrheiten, sondern nur für irrig halten. Was nützt ausserdem die Ausrede, dass der Widerspruch nicht in den Principien selbst, sondern nur in ihrer Anwendung bei der Erklärung des Empirischen entstehe. Es gehört dann doch zu dem ganzen Systeme des Gedankens, welches auf jenen Principien ruht. Und Principien, welche in ihrer consequenten Ausbildung oder in der Erklärung, welche aus ihnen abgeleitet und entnommen werden, zu Widersprüchen führen, sind gerade deshalb unhaltbar. Ist die Atomenlehre nicht ohne die Annahme, dass das Leere eine

wirkende Ursache ist, durchführbar, so sind ihre Principien nicht haltbar und müssen revidirt werden, bis alle Widersprüche vermeidlich sind. Der Aberglaube der neueren Philosophie an unvermeidliche Widersprüche und absolute Sinnestäuschungen ist nur ein Bekenntniss ihrer Verirrung.

Man hat aber den Widerspruch, dass leere Räume wirkende Ursachen sind, noch in anderer Weise zu entfernen versucht. Denn es seien in Wahrheit nicht die leeren Räume, sondern die Atome selbst, welche alles bewirken durch ihre bewegende Kraft der Anziehung und Abstossung. Macht man aber diese Annahme, so werden dadurch die leeren Räume und also auch Alles, was in Folge derselben statuirt wird, wie die blos scheinbare Continuität, das blos scheinbar objectiv Geschehene, die blossen scheinbaren qualitativen Veränderungen u. s. w. aufgehoben. Denn die bewegenden Kräfte der Anziehung und Abstossung können die Atome nicht anders, als gegeneinander ausüben. Thun sie das aber, so würden damit auch alle leeren Räume durch die bewegenden Kräfte erfüllt sein, denn Räume, worin bewegende Kräfte wirken, sind nicht leer, sondern erfüllt, da sie einen Widerstand ausüben. Diese Annahme würde also, wenn sie ausserdem zulässig wäre, die Atomenlehre selbst aufheben, da, wenn es Atome giebt, es auch leere Räume geben muss. Atome können alle Schicksale, welche sie durch die leeren Räume erfahren, nur absolut leidentlich ertragen. Sobald sie selbst agiren, werden dadurch die leeren Räume erfüllt und also aufgehoben. Die Annahme, dass die Atome bewegende Kräfte besitzen, ist aber selbst unzulässig. Denn wenn Atome bewegende Kräfte realiter besitzen und sie sie gegen einander ausüben, so muss man ihnen auch eine veränderliche Raumerfüllung zuschreiben, ohne welche sie ihre Kräfte nicht gegen einander würden ausüben können. Sie vermögen dann ihren Raum nicht ein für allemal absolut unveränderlich zu erfüllen. Besitzen die Atome bewegende Kräfte, so sind sie nicht als unveränderlich, starr und absolut hart zu denken. Auf der Unveränderlichkeit der Atome beruht aber wenigstens die corpusculare und Herbart's Atomenlehre. Leibniz und der qualitative chemische Atomismus schreiben freilich den einfachen Wesen Kräfte zu, allein die Kräfte der Monaden bei Leibniz wirken nicht nach Aussen und der qualitative Atomismus hebt durch seine Annahme die leeren Zwischenräume und die absolute Unveränderlichkeit der Atome von selbst auf. Sind die Atome aber unveränderlich, so können sie realiter keine Kräfte besitzen. Annehmen kann man das wohl, aber nicht denken. Wenn die Atome aber selbst keine bewegenden Kräfte besitzen können, so bleibt nur nach, die bewegenden Kräfte der Atome blos als eine Fiction anzusehen, die nur der Erklärung der Phänomene wegen gemacht wird. Allein wenn die Atome selbst keine bewegenden Kräfte realiter besitzen und sie ihnen nur imaginär zukommen, so sind auch allein und wirklich nur die leeren Räume wirkende Ursachen. Den Widerspruch, dass die leeren Zwischenräume oder die blossen geometrischen Verhältnisse wirkende Ursachen sind, wird die Atomenlehre nicht los, ohne dass sie ihre Principien ändert und sich selbst aufhebt, denn sie kann, ohne diesen Widerspruch zu begehen, aus Atomen nichts erklären. Um sie als unveränderlich und beständig zu denken, muss sie alle wirkenden Ursachen und Kräfte ausser den Atomen

in die leeren Räume und in den Zuschauer verlegen, sonst erfüllen sich die leeren Räume und müssen die Atome ihren Raum selbst veränderlich erfüllen.

Die Atomenlehre schreibt aber ausserdem auch, sobald sie aus ihren Principien das Gegebene der Erfahrung erklärt, den leeren Räumen stets entgegengesetzte Functionen zu. In den Leiter der Elektricität müssen die leeren Räume die Elektricität leiten und in den Isolatoren sie isoliren. Da sie in allen Körpern vorhanden sind, so müssen sie auch zugleich das Entgegengesetzte leisten. So verschieden man auch die Atome annehmen mag, die leeren Räume müssen zugleich der Inbegriff aller Verschiedenheiten mit sein, da sie nur mit den Atomen zusammen die Körper bilden. Die leeren Zwischenraume sind daher nicht nur Ursachen, sondern sie sind Ursachen, welche stets entgegengesetzte Wirkungen haben. Die leeren Zwischenräume sind und bewirken zugleich das Auseinander und das Zusammen der Atome, indem sie die Materie als Gegenstand der Sinne, ihren scheinbaren continuirlichen Zusammenhang, das scheinbare Geschehen und die scheinbaren qualitativen Veränderungen neben den Veränderungen der räumlichen Verhältnisse bedingen. Da die Atomenlehre ohne diese Widersprüche nicht durchführbar ist, so sind auch ihre Principien nicht haltbar.

Soll aus Atomen und leeren Zwischenräumen, der Setzung und Aufhebung ihres scheinbaren Zusammenhanges etwas erklärt werden, so muss ausserdem noch eine Bewegung der Atome angenommen werden. Da in ihnen selbst aber kein Grund der Bewegung liegt, so kann sie nur von Aussen hinzukommen. Sie wird nur als eine gegebene Thatsache der Erfahrung hinzugebracht. Allein es fragt sich dann doch, wie die Thatsache der Bewegung mit dem Wesen der Atome sich verträgt. Es scheint freilich, dass sich das von selbst versteht, namentlich wenn die Atome selbst körperlich oder materiell sind, da jeder Körper doch als beweglich müsse angesehen werden. Allein von selbst versteht sich dies dennoch nicht, es muss erst nachgewiesen werden, dass die Atome überhaupt sich bewegen können, selbst wenn die Bewegung nur von Aussen als eine gegebene Thatsache hinzukommt. Wirklich findet die Bewegung freilich statt. Daraus folgt aber nicht, dass sie bei Atomen auch stattfinden kann. Die Bewegung muss freilich möglich sein, wenn sie wirklich ist, allein man muss doch auch zeigen können, dass diese Möglichkeit für die gegebene Wirklichkeit der Bewegung in den Atomen selbst vorhanden ist. Wir bezweifeln aber, dass sie vorhanden ist, viel mehr scheint uns aus der Annahme der Atome die Unmöglichkeit der Bewegung zu folgen. Atome können überall nicht in Bewegung kommen, sie können nur im Gleichgewicht, im statischen Zustande sein, die Aufhebung und Wiederherstellung derselben ist bei Atomen unmöglich. Dabei kommt sehr wenig darauf an, welche Eigenschaften man den Atomen giebt, denn selbst wenn sie Körper oder stofflich sind, können sie nicht in Bewegung kommen. Denn selbst das Wenigste, was dazu erforderlich ist, können sie nicht leisten. Sie müssen wenigstens einen Stoss empfangen und vertragen können. Dies aber können sie nicht. Wirklich freilich findet dies in der ganzen Körperwelt statt. Allein es fragt sich, ob es auch bei Atomen und bei Körpern stattfinden kann, welche aus Atomen zusammen-

gesetzt sind. Wir bezweifeln nicht die wirkliche Bewegung und ihre Möglichkeit in der Körperwelt, aber wir bezweifeln sie bei Atomen und bei einer Körperwelt, welche man sich daraus zusammengesetzt denkt. Wir wollen davon absehen, dass die Atome keine bewegenden Kräfte anders als in der Imagination besitzen können und dass, wenn sie sie hätten, dadurch alle leeren Räume erfüllt sein würden. Nur den einen Umstand ziehen wir hier in Betracht, ob die Atome einen Stoss empfangen können, einerlei woher er kommt und wie er selbst möglich ist. Atome aber lassen einen Stoss nicht zu, weil sie absolut unveränderlich sind. Sie sind absolut hart und erfüllen ihren Raum ein für allemal, völlig unveränderlich. Sollte nun ein Stoss auf sie stattfinden, so müsste doch irgend etwas in ihnen geschehen. Allein dies ist principaliter unmöglich. Der Stoss, den sie empfangen, muss so von ihnen abprallen, dass sie ihn gar nicht empfangen, weil sie absolut hart und unveränderlich sind. Atome heben daher die Möglichkeit aller Bewegung auf, weil weder in ihnen selbst ein Grund der Bewegung liegt, noch sie eine Bewegung empfangen können. Dazu fehlen in ihnen alle Bedingungen. Sie können daher nur stets in Ruhe, nicht in Bewegung sein. Die Atomistik hebt stets alle Wechselwirkung und damit auch alle Bewegung auf, denn Atome können weder auf einander wirken, noch Wirkungen von einander empfangen. Wäre eine Wechselwirkung unter ihnen möglich, würden alle Räume sich erfüllen und die Atome selbst veränderlich ihre Räume erfüllen müssen. Am Entschiedensten hat diese Folgerung ausgesprochen und geltend gemacht Leibniz. Aber nicht blos Monaden, sondern selbst körperliche Atome lassen keine Wechselwirkung und keine Bewegung zu. Sie bleibt da stets nur eine unbegreifliche Thatsache unserer Erfahrung und principiell ein blosser Schein der Sinne. Richtig lehrt auch Herbart, dass die Selbsterhaltung der einfachen Wesen jede Störung in dem Grade aufhebt, dass sie, selbst wenn sie eintritt, nicht stattfindet. Dies gilt aber nicht blos, wie wir gezeigt haben, von ausdehnungs- und körperlosen, sondern auch von stofflichen und körperlichen Atomen. Jeder Stoss ist bei Atomen, selbst wenn sie körperlich sind, eine unmögliche Störung ihres Gleichgewichtes und ihrer Ruhe. Es kann nur in der Imagination fingirt, nicht aber im Verstande gedacht werden, dass Atome, was sie auch sein mögen, auf einander wirken und in Bewegung sind oder kommen. Alle Wechselwirkung und Bewegung ist bei Atomen unmöglich.

Nicht blos Atome, sondern auch die aus Atomen zusammengesetzten Körper können sich nicht bewegen. Alle Bewegung ist da nur empirisch und ein blosser Schein der Sinne, der objective nicht stattfinden kann. Wenn ein aus Atomen zusammengesetzter Körper in Bewegung kommen soll, so muss die mitgetheilte Bewegung von einem Atom zum anderen fortschreiten. Da nun der aus Atomen zusammengesetzte Körper nicht realiter, sondern nur idealiter ein Ganzes ist, so fragt es sich, wie viele Atome in Bewegung sein müssen, wenn der aus ihnen bestehende Körper sich bewegt. Er als Ganzes kann sich überhaupt nicht bewegen, da er kein reales Ganze ist; bewegen kann sich nur die Menge der Atome, woraus er besteht. Wie weit muss daher über die Menge der Atome die Bewegung sich verbreitet haben, damit der aus ihnen bestehende

Körper in Bewegung kommt? Setzt man, es werde der Fall sein, wenn die Bewegung über die Mehrzahl der Atome sich verbreitet hat und diese schon bewegten Atome das Uebergewicht haben, so wird dies Uebergewicht durch ein Atom erreicht werden und es würde mithin durch eines Atomes Bewegung der aus Atomen bestehende Körper bewegt werden, was sich doch nicht annehmen lässt. Nimmt man aber an, dass auf alle Atome erst die Bewegung sich verbreitet haben müsste, so würde das Atom, welches zuletzt in Bewegung kommt, den aus diesen Atomen bestehenden Körper in Bewegung setzen. Ebenso gut könnte man aber annehmen, dass der Körper in Bewegung kommt, wenn nur erst ein Atom sich bewegt. Es erhellt hieraus aber, dass bei Atomen weder im Einzelnen, noch im Ganzen Bewegung möglich ist. Atome können nur in Ruhe, im Gleichgewicht existiren. Sobald man Atome in Bewegung denkt, verändert man ihr Wesen und die Constitution der Körper, welche aus ihnen bestehen sollen. Selbst ohne dass man es merkt, schreibt man den Atomen eine veränderliche Raumerfüllung und dem aus ihnen bestehenden Körper continuirliche Raumerfüllung zu, da Bewegung nur unter diesen Bedingungen gedacht wird. Anerkennt man dies aber nicht, so ist alle Bewegung bei Atomen und einer aus ihnen bestehenden Körperwelt nur ein Sinnesschein und eine blosse Fiction der Imagination ohne objective und reale Wahrheit.

Zu den objectiven Principien, welche die Atomenlehre annimmt, muss sie, um die Phänomene zu erklären, noch hinzunehmen einen äusseren Zuschauer, als Träger des vielfachen Scheines, dem kein objectives Sein entspricht. Der Schein der Bewegung und Veränderung, des Geschehens und der Continuität u. s. w. ist wenigstens als Thatsache in dem anschauenden Subject vorhanden und muss als solcher immer hinzutreten, um die Erklärung des Gegebenen zu beschliessen, denn ohne diesen Schein ist das objective Sein, welches die Atomenlehre voraussetzt, für uns nicht vorhanden. Er gehört freilich der wahren Welt der Atome und leeren Zwischenräume nicht an, indess muss er doch nothwendig angenommen werden, wenn aus den objectiven Principien das Gegebene der Empirie hervorgehen soll. Es giebt keine Weltansicht, die nicht genöthigt wäre, in dem erkennenden Subjecte selbst ein Erklärungsprincip der Welt anzunehmen. Dasselbe gehört selbst mit zu der erkannten Welt und in ihm selbst muss daher auch ein Erklärungsprincip des Ganzen liegen. Denn die Wahrheit ist nicht nur das objective Sein, welches gedacht wird, sondern auch der Gedanke, welcher dem Sein entspricht. Erst beide zusammen, Sein und Gedanke, machen in ihrer Uebereinstimmung die Wahrheit aus. In der Wahrheit ist der Gedanke des erkennenden Subjects selbst ein Element. Daher liegt stets auch in den Functionen des erkennenden Subjectes, seinen Anschauungsarten und Gedankenformen ein erklärendes Princip der Natur und der Welt im Ganzen. Das erkennende Subject vergisst freilich nicht selten, dass es erkennt, wenn es von Dingen eine Ansicht hat, und übersieht den Grund der Wahrheit die es findet in sich selber, es ist aber doch stets der eine Grund seiner Weltansicht, der daher auch in der Construction derselben beachtet werden muss. Das Eigenthümliche nun aber in der atomistischen Weltbetrachtung liegt in dieser Hinsicht darin, dass sie das erkennende Subject

vorzüglich nur als einen Grund des Irrthums in der Weltansicht auffasst. Denn es ist vor allem der Träger des Scheins, der uns beständig zu Täuschungen und zu Widersprüchen verleitet, wenn wir die objective Welt anschauen und denken, und die stets, wie gezeigt worden ist, in der Erklärung des Empirischen aus den angenommenen objectiven Principien der Realität entstehen. Die Atomenlehre berücksichtigt daher bei ihren Erklärungen wohl das erkennende Subject, aber sie fasst es wesentlich nur als Träger des Scheines auf, getrennt und abgerissen von der Wahrheit des Seins, welches sie annimmt. Das wahrhaft Existirende, die Atome, betrachtet sie als eine Objectivität, der wir auch ohne unser Denken gewiss wären, was doch niemals der Fall sein kann. Sie ignorirt bei ihrer Annahme, dass sie auch nur auf Grund des Gedankens geschieht. Daher zerfällt ihr die Wahrheit in eine Welt des, um es so auszudrücken, unvordenklichen Seins der Atome, die allem Denken vorhergehen, und in eine Welt des Scheines, die nur im anschauenden und denkenden Subject vorhanden ist. Hierin aber liegen methodische Fehler der Atomenlehre. Ein unvordenkliches Sein giebt es nur in Folge des Gedankens. Wir sind von der Realität der Atome nur überzeugt, weil wir sie zur Erklärung des Gegebenen nothwendig denken. Nur weil wir einen Gedanken haben, nicht aber ohne ihn sind wir des Seins gewiss. Es ist eine leere Abstraction, ein Sein vor allem Denken anzunehmen, da es stets nur in Folge des Gedankens angenommen wird. Alle Gewissheit und Ueberzeugung von der Existenz einer Sache beruht auf ihrer Erkenntniss. Das erkennende Subject kann daher auch nicht blos der Träger des Scheins sein, gleichsam in der Finsterniss des Irrthums begraben, von der Nacht der Täuschungen und Widersprüche umgeben sein. Es muss zugleich ein Träger der Wahrheit sein, denn es gehört zu der Welt, die es als eine objective und wahre erkennt und voraussetzt. Es setzt sie aber nur voraus, weil es sie denkt. Auf der anderen Seite können wir auch keinen Schein annehmen, der nur in unserem Denken wäre und keinen objectiven Grund hätte. Denn alle unsere Erkenntnisse entspringen aus den wahrgenommenen Erscheinungen der Dinge. Ihr Wesen und ihr Zusammenhang muss daher von dem Gedanken so vorausgesetzt werden, dass der Schein daraus sich erklären lässt. Die Atomenlehre nimmt aber einen Schein an, der sich nicht aus den angenommenen objectiven Principien erklären lässt und daher stets nur als Thatsache des Denkens zu den Principien hinzukommt. Als einen blossen Schein, der nur im Denken sich finde, betrachtet sie die Einheit, den Zusammenhang, die Veränderungen und die Kräfte der Atome, als ein objectives Sein aber ausser dem Gedanken die ursprünglich gegebene zusammenhangslose Vielheit der unveränderlichen Atome. Das Eine soll nur im Gedanken, das Andere aber auch ausser dem Gedanken an sich sein. Allein für die Erklärung des empirisch Gegebenen ist das Eine so nothwendig als das Andere. Wir vermögen aus der angenommenen Vielheit der unveränderlichen und getrennt für sich existirenden Atome nichts zu erklären, ohne dass wir wenigstens im Gedanken ihre Einheit, ihren Zusammenhang, ihre Veränderlichkeit hinzunehmen. Wenn wir nun aber, um aus Atomen die gegebenen Phänomene der Natur zu erklären, nothwendig hinzudenken müssen die Einheit, den Zusammenhang, die Veränderlichkeit der

Atome, so müssen wir diese Gedanken für ebenso real halten, wie wir überzeugt sind von der Realität der Atome. Denn was nothwendig zur Erklärung der Erfahrung gedacht wird, ist wahr und wirklich. Auch die Annahme von der Existenz der Atome beruht allein darauf, dass wir sie nothwendig als Erklärungsgründe des Gegebenen denken. Gilt das Eine als wahr und real, weil es nothwendig gedacht wird, so kann auch das Andere nicht als ein blosser Schein im Denken angesehen werden, da es ebenso nothwendig zu allem Gegebenen der Empirie hinzugedacht wird. Der Schein muss einen Grund haben auch in dem objectiven Sein, und alle Gewissheit von dem objectiven Sein beruht auf einem Gedanken. Die Vielheit und Unveränderlichkeit der Atome kann nicht blos als real gelten und die Einheit, der Zusammenhang, die Kräfte der Atome als ein blosser Schein im Denken, wenn beides gleich nothwendig zur Erklärung der Empirie gedacht wird. Weil die Atomenlehre nun aber das Eine als einen blossen Schein im Denken und nur das Andere für real ansieht, hat sie leere Zwischenräume neben den Atomen angenommen. Die leeren Zwischenräume sind die Quasiexistenz der Einheit, des Zusammenhanges, der Wechselwirkung der Atome. Alles dies ist in der That nicht vorhanden, aber der Schein davon ist in unserem Denken unvermeidlich und als ein blosser Schein lebt er doch gleichsam in den leeren Zwischenräumen neben den Atomen. Darin liegt der Widerspruch in dem Begriffe der leeren Zwischenräume, dass sie nicht sein können und doch sind, dass sie blos ein Schein in unserem Denken sind und doch zugleich auch ausser dem Denken, man weiss nur nicht, ob sind oder nicht sind. Man wird sich entschliessen müssen, die leeren Zwischenräume aufzugeben und die Einheit, den Zusammenhang, die Wechselwirkung der Atome für ebenso real und wahr anzusehen als sie selbst. Denn blos aus Atomen ohne ihren realen Zusammenhang und ihre Wechselwirkung entsteht keine Körperwelt und keine Bewegung. Materie und Bewegung giebt es nur, wenn es nicht blos Atome, sondern auch einen Kosmus giebt, d. i. eine reale Einheit und Wechselwirkung der Atome. Unstreitig hebt die Atomenlehre ein wahres Moment an dem Begriffe der Materie hervor, nämlich dass es ohne Vielheit von Principien oder von Substanzen keine Materie giebt. Ein einziges Wesen, das allein für sich existirt, kann nur ein geistiges sein. Aber auch aus einer Vielheit von Wesen, von denen ein jedes getrennt von anderen nur für sich existirt, lässt sich Materie und Bewegung, wie gezeigt worden ist, nicht erklären, selbst wenn diese Wesen körperliche Atome sind. Soll Materie und Bewegung daraus hervorgehen, so müssen nicht blos leere Räume, sondern es muss ein realer Zusammenhang, wirkliche Verbindungsformen, welche eine Wechselwirkung unter den Atomen begründen, vorhanden sein. Wenn selbst aus körperlichen Atomen Materie und Bewegung als Gegenstände der Anschauung sich nicht erklären lassen, so kann auch die Atomenlehre nicht die wahre metaphysische Voraussetzung der Physik sein. Keine Atomenlehre begründet eine Physik. Denn Physik ist nur möglich unter der Voraussetzung, dass es Materie und Bewegung giebt, welche blos aus Atomen sich nicht erklären lassen. Materie und Bewegung ist aber nur möglich, wenn es ausser den Atomen eine durch Gesetze geordnete Welt und wenn

es eine reale Wechselwirkung giebt. Beides aber wird bei der Annahme von Atomen zu einem blossen Schein des Denkens herabgesetzt. Die Atomenlehre begründet in Wahrheit die mechanische Naturwissenschaft nicht, weil sie Materie und Bewegung, objective Gesetzmässigkeit und reale Wechselwirkung nur als einen blossen Schein in unserem Denken ansieht. Die Welt der Erscheinungen ist nur durch ihre objective Gesetzmässigkeit eine Natur. Alle mechanische Naturwissenschaft setzt zuerst die Realität des Causalgesetzes voraus, wonach Dinge auf einander wirken und Wirkungen müssen empfangen können, was aber bei der Annahme von Atomen aufgehoben wird, die nicht einmal einen Stoss erleiden und bewegende Kräfte gegen einander äussern können, wenn sie solche besitzen.

§. 115. Die Atomenlehre und die Imponderabilien.

Unsere Beurtheilung der Atomenlehre wird man vielleicht ungerecht und verfehlt nennen, da sie ein Princip der modernen Atomistik völlig ignorirt, das, wenn es beachtet werde, alle jene angeblichen Widersprüche, welche sich höchstens in der corpuscularen Atomistik der Alten finde, die jedoch längst aufgegeben sei, beseitige. Dies Princip, wenn wir es so nennen dürfen, ist die imponderable Materie. Wenn man sie mit in Erwägung ziehe, so, meint man, fallen alle jene Widersprüche, die in dem Begriffe des leeren Raumes als Erklärungsprincip liegen, von selbst weg, da alsdann die Imponderabilien Alles leisten, was man irriger Weise in den leeren Räumen und blossen geometrischen Verhältnissen suche. Denn die Imponderabilien erfüllen in der ponderablen Materie alle angeblich leeren Räume und sie, eine Materie, nicht aber das Leere und blosse geometrische Verhältnisse, sei das eigentlich agirende Princip in der Körperwelt, wodurch zugleich alle bisher hervorgehobenen Widersprüche sich aufheben.

Unstreitig erlangt die Atomenlehre durch die Imponderabilien eine andere Fassung. Ja, es ist wohl möglich und uns überaus wahrscheinlich, dass durch die Lehre von den Imponderabilien die Atomenlehre nicht nur eine gänzliche Umgestaltung, sondern eine völlige Aufhebung erfährt. Abhängig ist das aber nicht von der Annahme der Imponderabilien neben der ponderablen Materie, sondern von der Constitution der imponderablen Materie selbst. Denn setzt man die Imponderabilien blos als eine Thatsache neben der atomistischen Hypothese über die ponderable Materie, wie das wohl oft der Fall ist, so wird dadurch über die Sache selbst nichts entschieden. Man hat dann nur ausser den atomistischen Erklärungsgründen noch ein besonderes Princip, wodurch die Einseitigkeiten, welche aus der Anwendung der atomistischen Principien entstehen, rectificirt und aufgehoben werden. Das würde nur ein Dualismus sein, wie er in den Erfahrungswissenschaften nicht selten ist, ausserdem aber in der atomistischen Philosophie auch bei Gassendi in seiner Annahme der Lebenswärme neben den Atomen sich findet. Dass man mit einem solchen Dualismus in der Erklärung des Empirischen weiter kommt, als wenn man rein und consequent atomistisch verfährt und zugleich auch die Einseitigkeiten der blos atomistischen Erklärungsart vermeidet, ist kein Zweifel. Allein für uns

handelt es sich hier nicht um einen solchen Dualismus, sondern allein um die Gültigkeit der atomistischen Erklärungsart an und für sich selber.

Darüber wird aber bei der Annahme der Imponderabilien eine Entscheidung sich nur finden lassen aus der Construction der imponderablen Materie selbst. Wird diese nun selbst nicht atomistisch construirt, die ponderable Materie aber atomistisch, so würde nur von neuem der Dualismus entstehen, von dem wir jedenfalls absehen müssen, wenn überall ein Urtheil über die Gültigkeit der Atomenlehre erlangt werden soll. Es bleibt also nur der Fall übrig, dass die imponderable Materie selbst atomistisch construirt wird aus Atomen und leeren Räumen. Wenn das aber der Fall ist, so werden die Widersprüche, welche einmal in den leeren Räumen als Erklärungsprincipien liegen, nur weiter zurückgeschoben, aber nicht gehoben. Sie verschwinden wohl scheinbar in der ponderablen Materie, wenn ihre leeren Räume durch die Imponderabilien erfüllt sind, in dieser selbst aber bleiben sie ungelöst stecken. Was wir aber ausserdem und vor Allem bezweifelt, ist, dass man in der That die imponderable Materie atomistisch construiren kann. Geschehen ist es wohl wie in der Emissionstheorie des Lichts. Allein wir bezweifeln, dass man die atomistische Theorie in den Imponderabilien durchführen kann. Vielmehr glauben wir, dass an den Imponderabilien alle Atomistik scheitert. Die Imponderabilien heben, wie uns scheint, die Principien der Atomenlehre auf.

Zweierlei scheint man durch die Annahme der Imponderabilien zu erreichen, einmal die Erfüllung der leeren Räume in der ponderablen Materie und zweitens ein agirendes Princip oder eine bewegende Kraft. Denn die imponderable Materie, indem sie als eine permanent elastische Flüssigkeit gedacht wird, scheint ihrem Wesen nach alle leeren Räume zu erfüllen und von vorneherein als eine Materie gedacht zu werden, welche nicht blos zufällig und unter Umständen und blos imaginär, wie die ponderablen Atome, sondern wesentlich und realiter bewegende Kraft besitzt. Nimmt man dies nun an, so lässt sich unstreitig daraus Alles erklären, was aus den blossen ponderablen Atomen unerklärbar ist. Aus Atomen lassen sich nur äusserst künstlich die Aggregationsformen der Körper, ihre mechanische, chemische und organische Veränderlichkeit begreiflich machen. Atome selbst können nicht flüssig, sondern nur fest, hart, völlig unveränderlich sein. Die Aggregationsformen und die Veränderung der Körper und Materie würden da immer nur durch die leeren Zwischenräume, die blossen geometrischen Verhältnisse, die Entfernung, Nähe, Stellung und Lage der Atome zu erklären sein. Der flüssige Zustand kann nur in einer grösseren Entfernung der Atome bestehen, als sie in der festen Aggregationsform einnehmen, ist daher objective stets ein Sinnesschein. Ebenso lassen sich die mechanischen, chemischen und organischen Veränderungen der Körper bei Atomen nur aus den blossen geometrischen Verhältnissen ableiten. Der quantitative Atomismus, welcher die Atome ihrer Qualität und Materie nach als gleich setzt, verfährt hierin consequenter als der qualitative Atomismus, der eine ursprünglich gegebene qualitative Verschiedenheit der Atome annimmt, weil jener Alles auf blosse geometrische Verhältnisse zurückführt, worin er mit der cartesianischen Richtung übereinstimmt, während die qualitative Atomistik

principiell schon hiergegen sündiget, da sie eine Vielheit von Qualitäten als ursprünglich gegebene und principiell unconstruirbar voraussetzt. Allein beide sehen sich dann doch genöthigt, um die Aggregationsformen und die mechanischen, chemischen und organischen Veränderungen zu erklären, noch ausserdem ein Princip in der imponderablen Materie anzunehmen. Das ist der Fall nicht blos in den empirischen Naturwissenschaften, sondern auch, wie wir schon angeführt haben, bei Gassendi. Ebenso aber sieht sich auch Herbart genöthigt, für die Erklärung der genannten Data der Erfahrung noch eine „dünne Materie" (Imponderabilien) neben der „starren Materie" (den ponderablen Atomen) zu postuliren.

Giebt es nun eine imponderable Materie (nach Herbart eine dünne Materie, nach Gassendi eine Lebenswärme), so lassen sich die Aggregationsformen und überhaupt die Veränderungen der aus Atomen zusammengesetzt gedachten Körper daraus allerdings leichter begreifen. Vorausgesetzt, aber nicht eingeräumt, da die deutsche Krystallographie es nicht zugesteht, dass die starre Materie oder der feste Cohäsionszustand blos aus den an sich schon festen und unveränderlichen Atomen sich erklären lasse, eine Erklärung, die doch in der That nur eine Tautologie ist, indem nur die starre und feste Aggregationsform aus den schon starren und festen Atomen und ihrer Lagerung folgt, so wird nun der flüssige Zustand, der tropfbare wie der elastisch flüssige daraus durch das Hinzutreten einer imponderablen oder dünnen Materie, der Wärme, abgeleitet. Sie dehnt die Körper aus, d. h. sie bringt grössere Zwischenräume zwischen den Atomen hervor, die sie dann selbst inne hat. Ist die imponderable Materie aber selbst schon in der starren Materie oder in ihren Zwischenräumen enthalten, so kann man nur sagen, dass sie in der flüssigen Materie in grosser Quantität ist, d. h. in den grösseren Zwischenräumen. Der Unterschied liegt in der That doch immer nur in der Verschiedenheit der Zwischenräume. Die Atome selbst sind nicht flüssig, können auch in der That ihre Gestalt nicht verändern. Man kann aber annehmen, dass, da alle leeren Zwischenräume von der imponderablen Materie erfüllt sind, die Atome nun von ihr überall umgeben, gleichsam in einer Flüssigkeit schweben und schwimmen. Allein im Grunde ist dies auch der Fall in dem festen Zustande, wenn auch hier die leeren Räume von der imponderablen Materie erfüllt sind. Der Unterschied liegt nur wiederum darin, dass die Zwischenräume grösser und mehr imponderable Materie vorhanden ist. In der That ist der flüssige Zustand in Beziehung auf die Atome selbst, welche in allen Fällen fest und unveränderlich bleiben, stets nur ein Schein, er liegt nur in den grösseren Zwischenräumen. In dieser Erklärung aber ist vorausgesetzt, dass die imponderable Materie selbst flüssig ist. Sie erfüllt die leeren Räume, treibt die Atome auseinander, dehnt aus, weil sie selbst als eine elastisch flüssige Materie angenommen ist. Ihr wird die Kraft der Bewegung und der continuirlichen Raumerfüllung, soweit die Atome es zulassen, selbst zugeschrieben. Thut man das aber, so liegt in ihrer Annahme die Verleugnung der atomistischen Principien, sofern man ihr selbst bewegende Kraft und continuirliche Raumerfüllung zuschreibt. Die Atomenlehre müsste dann aber auch einräumen, dass sie in der That nicht durchführbar ist, sondern

schliesslich zu Principien für die Construction der Materie gelangt, welche die atomistischen Principien aufheben. Dasselbe, was wir hier in Beziehung auf die Aggregationsformen gezeigt haben, lässt sich ebenso in Beziehung auf die mechanischen, chemischen und organischen Veränderungen der Körper, sofern sie mit Hülfe der Imponderabilien aus der atomistisch construirten ponderablen Materie abgeleitet werden, darthun, dass nämlich alsdann die imponderable Materie im Widerspruche mit den Principien der Atomenlehre als eine Materie gedacht wird, welche wesentlich bewegende Kräfte und continuirliche Raumerfüllung besitzt.

Will man nun aber das nicht annehmen, so wird man die imponderable Materie selbst atomistisch construiren müssen. Besteht sie aber aus Atomen und leeren Zwischenräumen, so kann sie auch nur scheinbar elastisch flüssig sein, weil die Atome selbst nicht flüssig sein können. Damit fällt nun aber zuerst alle Hülfe weg, welche die imponderable Materie leisten soll für die Erklärung der Erscheinungen in der ponderablen Materie, da die atomistisch construirte, nur scheinbar elastisch flüssige imponderable Materie dies nicht mehr zu leisten vermag. Sie kann nicht alle leeren Räume in der ponderablen Materie erfüllen, da sie selbst die grössten leeren Zwischenräume besitzen muss. Aus ihr lassen sich daher dann auch nicht mehr die Aggregationsformen, die mechanischen und chemischen Veränderungen der ponderablen Materie erklären, da nun von ihr selbst alles das gilt, was schon früher von einer aus Atomen zusammengesetzten Materie nachgewiesen ist. Eine Modification erleidet die Atomenlehre durch die Annahme der imponderablen Materie nur dann, wenn sie wirklich elastisch flüssig ist, nicht aber, wenn sie aus Atomen besteht, falls man dann nicht von neuem wiederum eine andere imponderable Materie annimmt, welche die leeren Zwischenräume in der ersteren und in der ponderablen Materie erfüllt, die aber dann selbst nicht blos scheinbar elastisch flüssig sein müsste. Ist sie wirklich elastisch flüssig, kann sie nicht aus Atomen bestehen, und besteht sie aus Atomen, kann sie nur scheinbar elastisch flüssig sein. Nimmt man aber an, dass sie selbst aus Atomen besteht und giebt es keine andere wirklich elastisch flüssige imponderable Materie, so sind auch in der That alle leeren Räume leer. Dann aber müssen die leeren Räume selbst und kann nicht die imponderable Materie statt derselben als Erklärungsprincip gelten, und alle Widersprüche, welche darin schon nachgewiesen sind, bleiben ungelöst bestehen.

Eine imponderable Materie oder den s. g. Aether aus Atomen und leeren Zwischenräumen sich zusammengesetzt zu denken, hat aber noch ausserdem seine besonderen Schwierigkeiten. Denn es ist nicht abzusehen, wie eine aus Atomen zusammengesetzte Materie elastisch flüssig sein kann. Der Aether muss ausserdem, wenn aus seinen Undulationen die Phänomene der Imponderabilien entstehen sollen, einen hohen Grad expansibler Elasticität besitzen. Liegen kann das nun entweder nur in den Atomen, woraus er besteht, oder in der Grösse der leeren Räume zwischen den Atomen. In den Atomen aber kann der Grund der expansiblen Elasticität des Aethers nicht gefunden werden, da Atome weder flüssig noch elastisch sein können. Denn da die Atome ihren Raum ein für

allemal unveränderlich einnehmen, so können sie selbst weder flüssig noch elastisch sein. Sie sind absolute Minima der körperlichen Ausdehnung, welche daher in ihnen weder grösser noch kleiner werden kann, als sie ist. Wollte man die Atome selbst als elastisch ansehen, müssten sie als eine veränderliche Raumerfüllung gedacht werden, was ihrem Wesen widerspricht. Sie können weder die Eigenschaft der Expansibilität noch die der Compressibilität besitzen, da sie vollkommen hart, fest und unveränderlich ihrem Wesen nach sind. Expansibilität, Compressibilität, Flüssigkeit, Elasticität kann bei der Annahme von Atomen stets nur aus den leeren Räumen erklärt werden, welche aber nicht in den Atomen, sondern nur zwischen ihnen sein können. Man könnte aber versuchen den Aetheratomen eine eigne abstossende Kraft zuzuschreiben und darin den Grund für die scheinbar expansible Elasticität der imponderablen Materie zu finden. Wie man den Atomen der ponderablen Materie eine eigene Attractionskraft, so würde man den Atomen der imponderablen Materie eine eigene Repulsivkraft zuschreiben können, indess immer nur in der Weise, wie der Materie überhaupt bewegende Kräfte in der Atomenlehre zugeschrieben werden können. Denn realiter und wesentlich können Atome keine bewegenden Kräfte besitzen, da alsdann die leeren Räume sich erfüllen und die Atome selbst sich verändern würden. Bewegende Kräfte können Atomen nur scheinbar und zufällig, unter gewissen Umständen zukommen. Diese Umstände liegen aber in den Atomen selbst nicht, sondern nur in den blossen geometrischen Verhältnissen (dem Zusammen und Auseinander) oder den leeren Räumen. Schreibt man den Aetheratomen eine Repulsivkraft zu, so kann der Grund davon doch immer nur liegen in den Umständen oder den leeren Zwischenräumen, worin sie sich befinden. Alle Versuche, die Aetheratome eigens zu construiren, um daraus die expansible Elasticität der imponderablen Materie begreiflich zu machen, verweisen stets auf die leeren Räume als den eigentlichen Grund dafür. Es sind stets die leeren Räume, woraus Alles, was nicht direct in den unveränderlichen Atomen gegeben ist, erklärt werden muss, falls man nicht stets wieder dualistisch verfährt und man nicht aus Atomen zusammengesetzte imponderable Materie hinzubringt. Es bleibt daher gar nichts anderes übrig, als das Wesen der imponderablen Materie in die Grösse ihrer leeren Zwischenräume zu setzen. Denn welche Qualitäten man auch immer den Aetheratomen geben mag, ihre Function erhalten sie immer erst durch die leeren Zwischenräume. Nimmt man diese nun im Aether verhältnissmässig gross an, grösser wenigstens als in allen Aggregationsformen der ponderablen Materie, so ist auch der Aether durch sie erst eine elastisch flüssige Materie. Wirklich ist er es freilich nicht, aber der Schein davon entspringt aus seinen grossen leeren Zwischenräumen, denn dass sie selbst nicht elastisch sind, ist augenscheinlich. Wenn sie es wären, würden sie nicht leere, sondern erfüllte Räume sein.

Denkt man sich nun den Aether zusammengesetzt aus Atomen, welche in einem weiten Abstande von einander sich befinden, so kann man sich doch in einer so construirten imponderablen Materie nicht die Fortpflanzung und Verbreitung einer Bewegung vorstellen, wie sie nothwendig ist für die Er-

scheinung der Imponderabilien. Wenn man sich auch vorstellen kann, wie die Aetheratome allezumal völlig ungehindert sich hin- und herbewegen können, wie dies durch die grossen leeren Zwischenräume bedingt ist, so kann man sich doch nicht vorstellen, wie eine Bewegung von einem Atome zum anderen sich verbreiten und in einer bestimmten Richtung fortpflanzen kann. Denn dazu ist erforderlich, dass die Bewegung von dem einen Aetheratom zu dem anderen gleichsam über den leeren Zwischenraum hinwegspringt. Jede unmittelbare Mittheilung der Bewegung von einem Aetheratom zum andern ist durch die grossen leeren Zwischenräume verhindert. Man kann nicht annehmen, dass die Aetheratome im beträchtlichen Grade sich nähern und die leeren Zwischenräume um ein Bedeutendes kleiner würden, weil dadurch der Aether aufhören würde, scheinbar elastisch flüssig zu sein. Er würde sonst eine andere Aggregationsform annehmen und aufhören, imponderable Materie zu sein. Alle Continuität der Bewegung, die im Aether entsteht und sich verbreitet, wird durch seine leeren Zwischenräume aufgehoben. Wenn es auch möglich ist, dass alle Aetheratome auf ein mal in Bewegung sind, so kann sich in ihnen doch keine Bewegung verbreiten, da sie durch die leeren Zwischenräume zerrissen wird. Nicht nur die Continuität, sondern auch jede constante Richtung einer im Aether entstehenden und sich fortpflanzenden Bewegung wird durch seine Zwischenräume aufgehoben. Denn es ist kein Grund vorhanden, warum eine Bewegung, welche von einem Atome zu dem anderen hinüberspringt, z. B. in gradlinigter Richtung fortgeht und nicht seitwärts abspringt, da im leeren Raume alle Richtungen gleich möglich sind. Continuität und constante Richtung einer Bewegung ist überall bei einer aus Atomen zusammengesetzten Materie nicht möglich, vor allen aber nicht bei einer aus Atomen bestehenden imponderablen Materie, deren Zwischenräume die grössten sind. Freilich wirklich findet die Bewegung in der ponderablen wie in der imponderablen Materie statt. Allein es handelt sich hier nicht um dies Factum, sondern um die Möglichkeit der Bewegung bei einer atomistisch construirten imponderablen Materie, welche alle Continuität und constante Richtung derselben aufhebt. Die Bewegung mag sich auch verschieden berechnen lassen. Die Berechnungsweisen enthalten aber keine Entscheidung darüber, wie eine Bewegung möglich ist, sondern setzen sie selbst schon als gegeben voraus. Ihre Continuität und constante Richtung, welcher Art die Bewegung auch sei, wird aber, wie uns scheint, in einer atomistisch construirten Materie aufgehoben.

Wenn man also die atomistische Theorie auf die Imponderabilien selbst anwendet, so gewähren die Imponderabilien nicht nur kein Hülfsmittel zur Abwendung der Einseitigkeiten und Widersprüche, welche in den atomistischen Erklärungen unvermeidlich entstehen, sondern die Erscheinungen der Imponderabilien werden selbst unbegreiflich, da in einer aus Atomen bestehenden imponderablen Materie nur scheinbar expansible Elasticität und Bewegung stattfinden kann. Soll die imponderable Materie alle leeren Räume erfüllen und selbst ein agirendes Princip sein oder bewegende Kraft besitzen, so liegt in ihrer Annahme nicht nur eine wesentliche Umgestaltung, sondern eine völlige

Aufhebung der Atomenlehre, da diese Materie dann als eine continuirliche und veränderliche Raumerfüllung gedacht werden muss. Die Möglichkeit der Bewegung und der Materie als Gegenstand der Anschauung ist dann selbst nur möglich, wenn es eine solche Materie, welche nicht aus Atomen besteht, giebt. Denn auch die ponderable Materie und ihre Bewegungen sind durch die imponderable bedingt, welche die leeren Räume erfüllt und darin agirt. Die Zustände und Veränderungen der ponderablen Materie, welche nicht aus ihren Bestandtheilen selbst folgen, folgen doch aus der imponderablen in ihr und die blossen leeren Räume und geometrischen Verhältnisse sind dann keine Erklärungsgründe mehr. Aber Alles dies ist davon abhängig, dass die imponderable Materie selbst nicht atomistisch construirt wird, weil sonst alle Widersprüche bestehen bleiben. Man kann freilich auf der einen Seite Atome und leere Zwischenräume und auf der anderen Seite daneben eine imponderable Materie und Alles das annehmen, was die Erfahrung uns von der ponderablen Materie lehrt und so in einer doppelten Gedankenwelt leben, wovon keine die andere beachtet, aber man kann nicht die Thatsachen der Erfahrung und die Imponderabilien aus Atomen und leeren Zwischenräumen erklären, ohne sich beständig zu widersprechen und den Inhalt der Erfahrung für einen blos trügerischen Schein auszugeben.

§. 116. Die Ausdehnung das Wesen der Materie und die rein mechanische Naturansicht.

Wenn das Wesen der Materie oder der Atome in der Ausdehnung besteht, so entspringt daraus an sich eine blos geometrische Naturbetrachtung. Die gesammte Natur löst sich auf in reine Geometrie. Auch die Atome sind, falls ihr Wesen nur in der Ausdehnung besteht, nur geometrische Wesen. Materiell sind sie nur, weil sie als absolute Minima der körperlichen Ausdehnung untheilbar sind. Der leere Raum ist leer, weil er in jeder Beziehung theilbar ist. Er leistet keiner Einwirkung irgend einen Widerstand. Die Atome aber, als absolute Minima der Ausdehnung, leisten jeder Einwirkung absoluten Widerstand, sodass sie nicht stattfinden kann. Nach Cartesius unterscheidet sich der leere Raum von dem vollen nur nach unserer Betrachtungsweise, indem wir das einemal nur den Raum im Allgemeinen und das andere mal ihn im Besonderen betrachten. Der leere Raum fällt nach Cartesius an sich selbst mit dem vollen zusammen, weil auch er ein ausgedehntes Wesen ist. Nach Cartesius aber ist die Materie oder die ausgedehnte Substanz sowohl ins Unendliche theilbar, als ins Unendliche vergrösserbar. Es giebt nach seiner Meinung weder absolute Minima, noch ein absolutes Maximum der körperlichen Ausdehnung. Die Materie ist daher die extensive, nach beiden Seiten unendliche Grösse. Geulincx und Spinoza setzen aber ein absolutes Maximum der Ausdehnung, weshalb sie nach dieser Seite hin als untheilbar, als ein Atom oder als ein Individuum angesehen wird. Allein dies sind nur Modificationen innerhalb derselben Grundansicht. Die gesammte Natur, wenn das Wesen der Materie in der Ausdehnung liegt, kann nichts anderes sein als der Inbegriff aller Modification der Ausdehnung, aller möglichen Gestaltungen.

In der That aber ist die körperliche Natur doch mehr als eine blos angewandte reale Geometrie und Mathematik. Der Unterschied zwischen der Naturwissenschaft und der Geometrie liegt nicht blos darin, dass die Mathematik es nur mit den möglichen Modificationen der körperlichen Ausdehnung, die Naturwissenschaft aber mit den wirklichen, welche in der Natur sich vorfinden, zu thun hat, sondern namentlich darin, dass in der Natur zu der Materie, der ausgedehnten Substanz, noch das Factum der Bewegung hinzukommt. Wäre empirisch nicht zugleich mit der ausgedehnten Materie auch die Bewegung gegeben, würden wir wohl nicht berechtigt sein, die blosse Anwendung der Geometrie und der Mathematik selbst eine Wissenschaft, nämlich die Naturwissenschaft zu nennen. Sie unterscheiden sich aber auch wesentlich von einander. Denn die Nothwendigkeit, welche die Mathematik kennt, ist nur die logische oder die metaphysische, welche allein aus dem Begriffe oder dem Wesen der Dinge entspringt, aber nicht die physische, welche auf das Geschehene sich bezieht. Von ihr würde aber nicht die Rede sein können, wenn ausser der ausgedehnten Substanz in der Natur nicht die Bewegung empirisch gegeben wäre. Das Wesen der Natur liegt aber mehr in der Bewegung als in der Ausdehnung. Sie ist nicht blos eine starre Geometrie, sondern Bewegung. Die Natur, als Bewegung, ist aber für die blos geometrische Naturansicht nur ein Factum, das als solches zu der ausgedehnten Substanz hinzukommt.

Besteht das Wesen der körperlichen Natur blos in der Ausdehnung, so liegt in ihr selbst kein Grund der Bewegung, denn die Ausdehnung ist nur ein Zustand, der an sich selber völlig indifferent gegen alle Bewegung ist. Die Ausdehnung ist das rein zuständliche Dasein, welches völlig gleichgültig gegen alle Bewegung ist. Die Bewegung kann daher nur von Aussen der Materie mitgetheilt werden. Hierauf beruht die rein mechanische Naturansicht der corpuscularen Atomistik und des Cartesius. Da zu der ausgedehnten Substanz alle Bewegung von Aussen hinzukommt, indem in ihr selbst dafür kein Grund liegt, so betrachtet sie alle Naturproducte in Analogie mit Artefacten oder mit Maschinen. In der That ist diese Betrachtungsweise für die Natur selbst eine analogische. Sie hat ihren Grund nur in der Voraussetzung, dass das Wesen der Materie allein in der Ausdehnung bestehe. Dies nöthigt sie anzunehmen, dass, da in der Natur selbst ausserdem noch das Factum der Bewegung gegeben ist, die Materie alle Bewegung von Aussen empfange, wie alle von Menschen erzeugten Kunstwerke nur von Aussen in Bewegung gesetzt werden. Läge in der Materie selbst ein Grund der Bewegung, so würde diese Analogie nicht völlig zutreffend sein.

Wenn alle Bewegung zur Körperwelt von Aussen hinzukommt, so kann auch das Quantum der Bewegung, das sie empfängt, von Seiten der Körperwelt selbst weder vermehrt noch vermindert werden, muss also constant bleiben. Denn da in der Körperwelt, sofern sie nur ausgedehnte Substanz ist, kein Grund der Bewegung liegt, so kann sie auch die Grösse der ihr mitgetheilten Bewegung nicht verändern. Verändert werden kann das Quantum der Bewegung nur durch die Quelle, woher sie stammt. Stammt sie vom Zufall, so würde nur der Zufall, stammt sie von Gott, so würde nur Gott das Quantum

der der Materie mitgetheilten Bewegung verändern können. Soll es nun aber ein constantes bleiben, so ist es nothwendig, dass das Quantum der Bewegung in der Natur durch ihre Quelle selbst nicht verändert wird. Denn dass es von dieser Seite keine Veränderung erleidet, hängt nicht von der Körperwelt ab. Die Quelle, woher die Bewegung stammt, welche der Materie mitgetheilt ist, hätte nicht nur ein grösseres Quantum der Bewegung mittheilen können, da eine blos ausgedehnte Substanz völlig indifferent dagegen sich verhält, sondern diese Quelle muss auch dasselbe verändern können. Dass das Quantum der Bewegung constant bleiben muss, hat aber nur seinen Grund in der Voraussetzung, dass die Körperwelt eine Maschine ist. Die Maschine würde stets Störungen erleiden, wenn sich das Quantum der Bewegung verändern würde. Solche Störungen würden in ihr nicht rectificirbar sein, weil die blos ausgedehnte Materie wie kein Grund der Bewegung, so auch kein Grund der Aufhebung der Bewegung sein kann. Die Bewegung kann sich in ihr nur verschieden vertheilen, ohne doch selbst in ihrer Grösse sich zu verändern. Wäre die Körperwelt keine Maschine oder die Materie nicht blos ausgedehnte Substanz, so würde weder aus ihr selbst, noch aus der Quelle der Bewegung abzusehen sein, warum die Bewegung eine constante Grösse sein muss. Die Quelle der Bewegung muss nur versiegen, weil und wenn die Körperwelt eine Maschine, die Materie nur ausgedehnte Substanz ist. Aus diesem und keinem anderen Grunde muss angenommen werden, dass Gott nur einmal und dann nicht mehr Quelle der Bewegung in der Körperwelt ist. Ist er seinem Wesen nach Quelle der Bewegung, müsste er es auch stets sein. Allein Gott kann nur zufällig und deshalb nur einmal Quelle der Bewegung sein, wenn die Körperwelt blos eine Maschine sein soll, weil sie sonst stets Störungen erleiden und selbst mehr als eine Maschine sein müsste.

Indess es genügt doch noch nicht, um die constante Grösse der Bewegung und die Möglichkeit der Körperwelt als Maschine zu erhalten, dass das, was seinem Wesen nach Quelle der Bewegung zu sein scheint, dies nur zufällig und daher nur ein mal ist. Denn ausserdem müssten auch in der Welt selbst entweder nichts anderes als körperliche Maschinen vorhanden sein oder es muss jede Wechselwirkung zwischen dem Geiste und dem Körper aufgehoben werden. Giebt es in der Welt nur Körper, so kann dadurch die Grösse der Bewegung in der Körperwelt keine Veränderung erleiden nach der Voraussetzung, dass jeder Körper nur eine ausgedehnte Substanz ist, in der kein Grund der Bewegung liegt.

Giebt es aber ausser den Körpern noch geistige Wesen, so muss jede Wechselwirkung zwischen ihnen für unstatthaft erklärt werden, weil dadurch das Quantum der Bewegung verändert werden würde. Der Geist kann weder wollend auf den Körper noch der Körper auf den Geist, ihn zur Empfindung bestimmend, wirken, wenn die Körperwelt eine Maschine ist. Denn wenn der Geist auf den Körper wirkt, würde eine neue Bewegung in ihm entstehen, und wenn der Körper auf den Geist wirkte, eine Bewegung verschwinden, in jedem Falle aber die Maschine der Körperwelt durch die Veränderung der Grösse ihrer Bewegung Störungen erleiden, welche sie selbst nicht würde auf-

heben können. Soll die Körperwelt daher eine Maschine sein, so kann keine reale Gemeinschaft und Wechselwirkung zwischen dem Geiste und dem Körper stattfinden. Wie die Körperwelt von der Quelle der Bewegung ausser ihr, so muss sie auch völlig geschieden sein von den geistigen Wesen, welche in der Welt sind. Soll daher die Körperwelt eine Maschine sein, so muss es also entweder nur Körper geben, wie der Materialismus oder die Corpuscularphilosophie annimmt, oder wenn es ausserdem geistige Wesen giebt, können sie doch keine äussere Wirksamkeit haben und nur völlig geschieden neben einander existiren.

Eine rein mechanische Naturansicht ist unserer Darstellung nach nur möglich in der corpuscularen Atomistik und in dem dualistischen System der Cartesianischen Richtung. Nimmt man qualitativ verschiedene Atome an, wie die chemische Atomenlehre und die Monadologien, so ist auf dieser Grundlage keine rein mechanische Naturansicht mehr möglich, weil alsdann in den qualitativ verschiedenen Atomen ein verschiedener Grund der Bewegung liegen würde. Der Mechanismus würde dann überall verschiedene Bedingungen haben nach den verschiedenen Qualitäten der Atome. Ein Mechanismus aber, der auf besonderen Bedingungen beruht, ist kein Mechanismus. Er setzt voraus, dass alle Atome oder alle Materie nur quantitativ verschieden ist. Man hat den Organismus wohl genannt einen Mechanismus im Besonderen, d. i. einen Mechanismus, der auf einer besonderen Constitution der Materie, in der Ordnung und Verbindungen der Stoffe oder der Atome beruhe. Ein solcher Mechanismus ist in der That eine *contradictio in adjecto.* Denn ein Mechanismus, der in der Constitution der Materie besondere Bedingungen hat, muss aus diesen besonderen Bedingungen erklärt werden, und nimmt also an, dass ausser der ausgedehnten nur quantitativ verschiedenen Materie oder Atome und der mitgetheilten Bewegung es ein Princip oder eine Kraft in der Natur giebt, welche diese besonderen Bedingungen in der Constitution der organischen Materie hervorbringen kann. Die Naturansicht, welche in den qualitativ verschiedenen Atomen oder in der besonderen Constitution der organischen Materie besondere Bedingungen des Mechanismus erkennt, ist also keine rein mechanische Naturansicht, welche nur möglich ist bei der Voraussetzung, dass das Wesen der Materie oder der Atome allein in der Ausdehnung besteht.

Neben der Körperwelt kann die rein mechanische Naturansicht eine geistige Welt anerkennen. Sie ist nicht nothwendig Materialismus. Aber die geistige Welt kann nur völlig geschieden von der materiellen Welt und ohne alle Wirksamkeit in ihr existiren. Dies gilt namentlich auch von allen immanenten Naturzwecken. Sie können nicht als constitutive Principien oder als Erklärungsgründe für die Phänomene der körperlichen Natur gelten. Sollten sie constitutive Principien sein, müssten sie auch in der materiellen Welt eine Wirksamkeit haben, und die Phänomene der Natur würden dann nicht mehr rein mechanisch zu erklären sein. Denn der Mechanismus würde dann durch die Naturzwecke, welche er ausführen soll, selbst bedingt sein und müsste aus diesen Bedingungen erklärt werden. In der rein mechanischen Ansicht können die Naturzwecke, wenn sie überhaupt anerkannt werden, daher nur als Regulative einer ästhetischen

Auffassung und Beurtheilung der Phänomene gelten. Alle Erklärungen der Erscheinungen aber geschehen aus dem Mechanismus. Denn die Zwecke, blos als regulative Principien aufgefasst, sind nur stumme Zuschauer zu dem Geschehen in der Welt, worüber sie keine Herrschaft und keine Macht ausüben, da sie selbst keine constitutiven Principien dafür sind. Eine solche, blos ästhetische Auffassungsweise kann daher immerhin neben der rein mechanischen Erklärungsart zugelassen werden, da sie selbst keinen objectiven Erkenntnisswerth besitzt. Wie viel Beruhigung und Befriedigung sie auch dem Geiste gewähren mag, für die Erkenntniss selber leistet sie doch nichts. Vielleicht würde sie für den erkennenden Geist selbst eine bewegende Kraft sein, allein dann müssten die Zwecke, wenn auch nicht für die körperliche Natur, so doch für den Geist selbst constitutive Principien sein, was sie aber nicht sein sollen. Eine Einschränkung erleidet die mechanische Erklärungsart also nur dann, wenn die Zwecke nicht blosse regulative, sondern constitutive Principien sind und der Geist nicht völlig geschieden, sondern im Zusammenhange und im realen Verkehr mit der Körperwelt steht.

Eine ganz andere Gestalt erhält aber die mechanische Naturansicht, wenn sie nicht als die ausschliessliche, sondern nur als eine der möglichen Erkenntnissarten der Natur gilt, wie die mechanische Physik selbst nur ein Theil, wenn auch der vorzüglichste, der Naturwissenschaften ist und diese selbst nur ein Gebiet der Wissenschaft neben den psychologischen und moralischen vertreten. In diesem Falle können neben der mechanischen Erklärungsart auch noch andere Erklärungsprincipe der Natur von objectivem Erkenntnisswerthe sein. Dann aber ist die Grundlage der mechanischen Naturansicht, die Materie als ausgedehnte Masse, welcher alle Bewegung von Aussen mitgetheilt wird, nur eine der **Auffassungsweisen** der materiellen Natur, nicht aber die alleinige und objective **Existenzform** der Natur. Ueber die objective Existenzform der Natur selbst entscheidet sie nicht. Sie nimmt nur an, dass von einem gegebenen Standpunkte, vermittelst gewisser, als solche anerkannte methodische Operationen des Denkens, die Natur sich auffassen lässt blos als ausgedehnte Masse, der alle Bewegung von Aussen mitgetheilt wird, und dass daher, soweit diese Auffassungsweise durch die Phänomene gegeben sei, sie auch mechanisch zu erklären seien. Die mechanische Naturansicht blos als Eine Erkenntnissart der Natur entscheidet daher auch gar nicht über das objective Wesen der Materie, über den Ursprung der Bewegung, über die Frage nach der qualitativen Gleichheit und Verschiedenheit der Materie, über die Naturzwecke, über die Verhältnisse der körperlichen Natur zur Schöpfung und zum Geiste, welche die rein mechanische Naturansicht als Metaphysik im voraus als durch sich gelöst annimmt. Die mechanische Naturansicht, als eine Erkenntnissart der Natur auf der Grundlage der gegebenen Thatsache, ist gerade keine Metaphysik, sondern nur ein Lehrsatz einer Erfahrungswissenschaft, die als solche andere empirische Wissenschaft und die Philosophie für die Erklärung ihrer Grundbegriffe neben sich anerkennt. Was die eine als blosse Erkenntnissformen ansieht, das betrachtet die andere als objective Existenzformen. Die mechanische Physik schliesst nur für sich als Wissenschaft von ihrem Erkenntniss-

gebiete alles aus, was nicht mechanisch erklärt werden kann, während die rein mechanische Metaphysik, was sich mechanisch nicht erklären lässt, entweder als nicht existirend ansieht, oder als eine von der Körperwelt völlig geschiedene Existenz auffasst. Die geistige Welt existirt entweder gar nicht, oder doch völlig getrennt von der Körperwelt. Zwischen beiden soll es daher auch keine physische und reale, sondern nur eine hyperphysische und ideale Gemeinschaft geben. Wir haben es hier aber nur mit dem Philosophem der rein mechanischen Metaphysik selbst zu thun. — Giebt man die Bedingungen, worauf die rein mechanische Naturansicht sich gründet, zu, nämlich dass die Ausdehnung das Wesen der Materie bilde, ihr ein bestimmtes Quantum der Bewegung mitgetheilt sei und die Quellen der Bewegung darauf nun keinen weiteren Einfluss ausüben, so wird man doch angeben müssen, wie die Bewegung in der Körperwelt sich vertheile. Denn erst durch ihre Vertheilung kommt die Körperwelt wirklich in Bewegung. Gewiss, wenn alle Bewegung der Körperwelt nur von Aussen woher auch immer nur mitgetheilt ist, so muss, indem die Bewegung sich vertheilt, der eine Körper soviel an Bewegung verlieren, als der andere empfängt. Die Grösse der Bewegung erhält sich nur dadurch, dass in ihrer Vertheilung der Gewinn des Einen der Verlust des Anderen ist. Allein hierbei ist vorausgesetzt, dass die Bewegung gleichsam wandern kann von einem Körper zum anderen. Wie sie dies aber selbst kann, wie ein Körper einem anderen Bewegung mittheilen und der andere sie empfangen kann, dafür scheinen uns in blos ausgedehnten Substanzen die Bedingungen selbst nicht enthalten zu sein. Welches Quantum der Bewegung auch ursprünglich in die Körperwelt gelegt sein mag, in ihr selbst müssen nun doch die Bedingungen für die Vertheilung der Bewegung, für ihren Uebergang von dem einen Körper zu anderen enthalten sein. Wäre die Bewegung selbst eine Materie, etwa eine imponderable sehr feine und dünne Materie, so könnte sie, falls die Materie aus Atomen und leeren Räumen zusammengesetzt ist, durch die leeren Räume hindurchgehen von einem Atome zum anderen. Diese Bewegungsmaterie müsste aber doch selbst wieder in Bewegung sein, sodass zuletzt die Bewegung doch selbst keine Materie sein könnte. Ist sie selbst keine Materie, so wird sie nur ein Zustand, eine Modification der ausgedehnten Substanz sein. Allein jeder Zustand einer Ausdehnung ist selbst eine Ausdehnung und keine Bewegung. Eine Modification und Abänderung der Ausdehnung setzt überdies selbst eine Bewegung schon voraus. Was ist dann die Bewegung in oder an der Materie, welche wesentlich nur ausgedehnte Substanz ist? Blos ausgedehnte Substanzen sind in der That völlig unbeweglich. Denn die Bewegung ist kein Modus der Ausdehnung. Nur durch ein Wunder, durch einen allmächtigen Eingriff können blos ausgedehnte Substanzen in Bewegung kommen. Das gilt sowohl von der Vertheilung der Bewegung, als von ihrer ursprünglichen Mittheilung. Sie setzt nicht nur im Anfange, sondern auch beständig ein Wunder voraus. Denn es muss, wenn die Materie nur ausgedehnte Substanz ist, sowohl wenn ihr ursprünglich Bewegung mitgetheilt wird, als wenn die Bewegung sich in der Körperwelt vertheilt, beständig etwas geschehen, was an sich unmöglich ist. Die rein mechanische Naturansicht will die Einwirkung Gottes

oder der Quelle der Bewegung von der Körperwelt dadurch abschliessen, dass sie annimmt, der Materie sei im Anfange irgend wie ein bestimmtes Quantum der Bewegung mitgetheilt, das sich dann in ihr verschieden vertheile. Allein Vertheilung und ursprüngliche Mittheilung der Bewegung bei einer blos ausgedehnten Substanz sind gleich unmöglich, erheischen also, wenn sie doch stattfinden sollen, beständige Wunder. Gesetzt aber auch, eine Allmacht vermöchte dies zu leisten, wir würden damit doch nicht einsehen, wie eine ausgedehnte Substanz, sei es ursprünglich oder secundär, in Bewegung kommt. Sie kann wohl das Unmögliche leisten, aber sie erklärt es nicht. Wie die Schöpfung der Welt, so und nicht anders ist auch ihre Erhaltung ein stets willkürliches Wunder in der rein mechanischen Naturansicht. Was im Anfange des Geschehenen, dasselbe muss auch im Fortgange derselben geleistet werden. Es ist eine gewöhnliche Täuschung, dass man meint, der Bestand und die Erhaltung der Welt könne aus schlechthin anderen Principien erklärt werden, als ihre ursprüngliche Entstehung. Die Erhaltung der Welt setzt aber dasselbe voraus, wie ihre Schöpfung und die Erklärungen für den Fortbestand sind im Grunde keine anderen als für den ersten Anfang. Es ist eine Selbsttäuschung, wenn man das Gegentheil annimmt.

Die Körperwelt lässt sich nicht als eine Maschine vorstellen, wenn sie blos aus ausgedehnten Substanzen besteht, ohne dass man ein beständiges Wunder annimmt, da sowohl die ursprüngliche Mittheilung als auch die Vertheilung der Bewegung in ihr durch eine blosse Allmacht beständig bewirkt werden muss. Als eine Maschine, als ein Mechanismus kann sie, wenn sie nur in der Ausdehnung ihr Wesen hat, weder gedacht werden, wenn sie von der Quelle der Bewegung geschieden, noch wenn sie mit ihr verbunden ist. Denn die blosse Annahme einer Allmacht erklärt nichts. Man könnte nun aber vielleicht versuchen die Bewegung, da sie bei der Annahme einer blos ausgedehnten Substanz aus einer objectiven Quelle nicht fliessen und selbst nichts Objectives sein kann, herzuleiten blos als ein subjectives Phänomen aus den Einrichtungen des endlichen erkennenden Geistes. Eine blos ausgedehnte Substanz kann nur in Ruhe und nur scheinbar in Bewegung sein. Der Schein der Bewegung müsste entspringen aus Einrichtungen des erkennenden Geistes, indem er die Körperwelt anschauet. Dass wir, indem wir die äussere Natur anschauen, sie wirklich bewegen, wird damit nicht angenommen, sondern nur, dass sie in Bewegung begriffen vorgestellt wird, oder dass sie scheinbar sich bewegt. Solche scheinbare Bewegungen nehmen wir oft an wo nur die Körper erscheinen, blos in Folge unserer hinzutretenden Vorstellungen. Und es wäre möglich, dass alle Bewegungen in der Natur nur scheinbar wären und nur stattfinden in Folge von Vorstellungen, welche zu den Anschauungen der Aussenwelt hinzutreten. In diesem Falle würde es freilich schwer, wenn nicht überhaupt unmöglich werden, die s. g. scheinbaren von den s. g. objectiven Bewegungen zu unterscheiden, da gerade alle Bewegungen nur scheinbar sein sollen. Denn wenn Alles nur Schein ist, so giebt es keinen Schein, der stets nur als Ausnahme von der Regel gilt. Wenn wir aber auch hiervon absehen und annehmen, dass alle Bewegungen nur scheinbar in Folge gewisser Vor-

stellungseinrichtungen unseres Geistes stattfinden und der vorstellende Geist also die eigentliche Quelle der Bewegung sei, so würden dadurch allerdings die früheren Hindernisse der Bewegung, welche in der blos ausgedehnten Materie liegen, gleichsam hinweggeräumt werden. Denn die Natur selbst bleibe stets in Ruhe, im Gleichgewicht, aber von uns angeschauet und vorgestellt, würde sie als eine Maschine, als einen Mechanismus sich uns darstellen. Sie würde es nicht sein, sondern nur so von uns in Folge der Einrichtungen unseres erkennenden Geistes nothwendig vorgestellt werden. Nur durch diesen Idealismus, scheint es, ist die rein mechanische Naturansicht haltbar. Realismus würde sie sein, sofern sie die ausgedehnte Materie als eine objective Existenz betrachtet, Idealismus aber, sofern alle Bewegung nur scheinbar ist, blos nothwendig vorgestellt wird zu der Anschauung der Körperwelt.

Diese idealistische Aushülfe können wir aber nicht gelten lassen. Sie begnügt sich damit, ein Räthsel zu lösen dadurch, dass sie es aus der einen Sprache in die andere übersetzt. Man hält ein Problem dadurch für gelöst, dass man etwas als einen nothwendigen Schein, der aus den blossen Formen und Einrichtungen des Vorstellens hervorgeht, nachweist. Dadurch aber wird ein Problem nicht gelöst, sondern seine Lösung nur verschoben und zurückgestellt. Denn ein blos subjectives Geschehen kann ohne ein objectives nicht stattfinden. Schon die gewöhnliche s. g. subjective Bewegung, welche blos in unserer Auffassung liegt, setzt eine objective voraus. Wenn alle Bewegung nur scheinbar ist, so ist auch die Bewegung in unseren Vorstellungen nur ein Schein. Es ist nur ein Schein, dass wir uns scheinbare Bewegungen vorstellen. Allem was scheint oder vorgestellt wird, muss ein Objectives zu Grunde liegen, sonst kann nichts scheinen. Diese allgemeinen Grundsätze jeglicher Erkenntniss gelten auch für den Idealismus in Beziehung auf die Bewegung.

Stattfindet die scheinbare Bewegung in unseren Vorstellungen nur, indem wir zugleich die Körperwelt anschauen. Ohne dies vermögen auch die Formen und Einrichtungen des erkennenden Geistes, welche sie auch sein mögen, nicht die scheinbare Bewegung, die blosse Vorstellung derselben hervorzubringen. Wenn nicht ausser uns, so muss also doch in uns ein Zusammenhang sein zwischen der Anschauung der ausgedehnten Welt und der blossen Vorstellung ihrer Bewegung. Diese Vorstellung hat also ein objectives Motiv in der Anschauung der Aussenwelt, die für real gilt. Der Grund der Bewegung kann also auch nicht blos in der Einrichtung unserer Vorstellungen liegen. Sie muss in dem Inhalte der Anschauung, das ist, in der Aussenwelt selbst ihren Grund haben. Damit entsteht aber von Neuem die Frage, welche der Idealismus nur verlegt hatte auf ein anderes Gebiet, nach dem Zusammenhang und der Möglichkeit der Bewegung in einer Körperwelt, die nichts als Ausdehnung sein soll und von der schon gezeigt worden ist, dass in der Körperwelt die Bedingung nicht blos nicht für die Entstehung, sondern auch nicht für die Vertheilung der Bewegung liegt, welche unerlässlich ist, wenn ein Mechanismus stattfinden soll. Eine Welt blos ausgedehnter Atome und Substanzen schliesst alle Bewegung aus, mag dieselbe eine objective oder auch nur subjective Quelle haben. Da nun aber Bewegung in der Natur wirklich stattfindet, so

muss die Körperwelt noch etwas anderes als eine Summe ausgedehnter Atome und Substanzen sein. Die Atomistik will, dass alle Bewegung im leeren Raume stattfindet; CARTESIUS meint, alle Bewegung sei eine Versetzung der Körper im Kreise. Bei dieser Annahme ist man aber davon ausgegangen, dass die Bewegung zu den Atomen oder den ausgedehnten Substanzen hinzugekommen ist und sich unter ihnen vertheilt, hat aber nicht bemerkt, dass für diese Annahme keine möglichen Bedingungen in einer so beschaffenen Körperwelt vorhanden sind. Hierin liegt der eine Grund, warum wir das Wesen der Materie nicht in der Ausdehnung annehmen können. Die Körperwelt würde nicht einmal eine Maschine sein können, wäre sie nichts als eine Summe ausgedehnter Atome und Substanzen. Soll sie als Maschine möglich sein, soll es eine mechanische Naturansicht geben, muss die Materie mehr und etwas anderes als eine ausgedehnte Substanz sein.

Der Cartesianismus und die corpusculare Atomistik setzen aber ferner die Ausdehnung als das primäre und nicht weiter erklärbare Wesen der Materie und der Atome. In der That behandeln sie sie als eine *qualitas occulta*, als ein unbedingtes Wesen, als eine absolute Eigenschaft. Die Atomistik erklärt die Körper aus der Zusammensetzung der Atome. Die Atome sind aber selbst Körper. Sie erklärt daher nur *per idem.* In den Atomen selbst aber nimmt sie die Ausdehnung als eine absolute Eigenschaft an. Alle Gestalten sind Modificationen der Ausdehnung. In der Atomenlehre aber werden auch diese als schon gegeben in den Atomen vorausgesetzt. Die Ausdehnung und ihre Modificationen sind in den Atomen unbedingte Eigenschaften, die als für sich selbst verständlich angenommen werden. CARTESIUS sieht den Begriff der Ausdehnung als durch sich selbst klar und deutlich an, der keiner weiteren Erklärung bedürfe. Er behandelt sie daher auch als ein unbedingtes Wesen. Sie soll aus nichts anderem als aus sich selbst begriffen werden können.

Gewissermassen geben aber doch der Cartesianismus und die Atomistik von der körperlichen Ausdehnung eine Erklärung, indem sie ihre Bedingungen, wenngleich nach zwei sehr verschiedenen Seiten, hervorheben. Ihre Bedingung ist nach dem Cartesianismus eine objective Einheit, nach der Atomenlehre eine objective Vielheit des Seienden. Die Ausdehnung ist das eine mal nicht ohne Continuität, ohne ein einheitliches Wesen, das andere mal nicht ohne Multiplicität, ohne eine Vielheit von Atomen möglich. Sie hat also doch ihre Bedingungen, woraus sie begriffen werden kann. Wir haben nun aber schon gezeigt, sowohl bei der einen wie bei der anderen Lehre, dass sie ohne beide Bedingungen nicht möglich ist. Die Atomistik, wenn nirgends anderes, muss doch in jedem Atome selbst die Einheit, die Continuität, als wesentliche Bedingung der Ausdehnung einräumen. Denn das Atom kann seinen Raum nur continuirlich einnehmen. In ihm ist die reale Einheit Bedingung der Ausdehnung. Annehmen muss die Atomistik aber auch als Bedingung für die Bewegung, wie für die Materie als Gegenstand der Anschauung, einen realen Zusammenhang der Atome, da leere Zwischenräume unmögliche Erklärungsprincipien sind. Die Erscheinungen der ponderablen Materie können aus Atomen nur erklärt werden, wenn es eine imponderable Materie giebt, welche selbst

nicht aus Atomen zusammengesetzt alle leeren Räume continuirlich erfüllt und an sich bewegende Kraft besitzt. Wie Bewegung und körperliche Ausdehnung nicht möglich ist, wenn es blos eine Vielheit für sich getrennt existirender Atome giebt, so ist sie auch kein mögliches Prädicat einer für sich allein existirenden Substanz. Sie setzt nothwendig eine nicht blos scheinbare, sondern reale Vielheit des Seienden voraus.

Indess aus der blossen Composition zweier einseitiger Auffassungen ergiebt sich keine Wahrheit. Es nützt nichts, die Atomenlehre blos mit der Alleinheitslehre der Cartesianer zu combiniren, da beide in denselben Punkten mangelhaft und einseitig sind. Denn da sie beide nur die Ausdehnung als das Wesen der Materie ansehen, können sie die Natur nur als ein ruhendes Sein ohne alle Bewegung auffassen. Darin liegt ihr gemeinschaftlicher Mangel. Es hilft gar nichts anzunehmen, dass die Bewegung von Aussen hinzukommt, wenn die Natur doch einmal ihrem Wesen nach unbeweglich ist. Alle Bewegung würde, da sie, man mag die Quelle der Bewegung von der Natur trennen oder mit ihr verbinden, an sich unmöglich ist, nur ein Schein in uns sein, der keine objectiven Bedingungen hat. Beide Systeme heben zusammen die Bewegung auf. Sie kennen nur ein ruhendes Sein, ein Beharren auf sich selber, ein stetes Gleichgewicht, aber keine Aufhebung und keine Wiederherstellung des Gleichgewichts. Soll dieses aber stattfinden, muss in der Materie selbst ein Grund der Bewegung liegen, sie selber muss realiter und nicht blos imaginär bewegende Kraft besitzen. Bewegung selber aber ist nur möglich, wenn es eine reale Wechselwirkung giebt, die unmöglich ist, wenn es Atome giebt oder nur Eine körperliche Substanz, welche getrennt für sich existirt. Die Aufhebung der Bewegung und der realen Wechselwirkung ist der gemeinschaftliche Mangel der Vielheitslehre ohne Einheit und der Einheitslehre ohne Vielheit. Gesetzt, es gäbe auch Vielheit und Einheit zumal, so kann die Ausdehnung doch nicht das primäre Wesen der Materie sein, weil die Körperwelt dann ohne Bewegung ist.

Die Ausdehnung, sagt Leibniz, ist die ununterbrochene und simultane Wiederholung einer Qualität. Allein ihre ununterbrochene und simultane Wiederholung ist selbst nur durch Bewegung möglich. In der Bewegung, nicht aber in der Ausdehnung muss daher das primäre Wesen der Materie liegen. Dies ist aber die Meinung der dynamischen Naturansicht, wovon wir in einem anderen Abschnitte handeln werden. Nur eine dynamische Erklärung der Materie begründet auch eine mechanische Naturansicht. Unstreitig giebt es keine unausgedehnte Materie. Die Ausdehnung gehört zu ihrem Wesen. Nichts desto weniger kann sie eine Folge sein. Die ältere Logik unterschied die wesentlichen Eigenschaften der Dinge in constitutive und consecutive. Es wäre daher wohl möglich, dass die Ausdehnung nicht das constitutive, sondern nur das consecutive Wesen der Materie ist. Als eine blos zufällige Eigenschaft der Materie können wir sie nicht ansehen. Aus den von uns dargelegten Gründen kann sie aber nur das consecutive, nicht aber das constitutive Wesen der Materie ausmachen. Ist dieses gesetzt, wird auch jenes gesetzt sein. Wird aber das consecutive Wesen der Materie selbst als ihr constitutives angesehen, so ist die körperliche Natur unbegreiflich.

Besteht das constitutive Wesen der Materie nicht in der Ausdehnung, so kann darin auch nicht das primäre Wesen der Atome liegen. Allein bei den Atomen hat dies noch einen besonderen Grund, der im Begriffe des Einfachen liegt. Das Einfache kann nicht in der blos ausgedehnten Materie gefunden werden, weil es dann nur das absolute Minimum der Ausdehnung sein würde. Man kann aber nicht das Eine für das Andere, das Unendlich-Kleine für das Einfache substituiren. Das Einfache ist eine Qualität, aber keine Grösse. Das unendlich Kleine oder das Kleinste ist aber selbst noch eine Grösse. Atome, blos als absolute Minima der Ausdehnung genommen, sind nicht das Einfache. In den Atomen, deren wesentliche Eigenschaft die kleinste Ausdehnung ist, liegt eine Verwechslung eines Grössenbegriffes mit einem Qualitätsbegriff. Sauerstoff ist ein einfacher Stoff, in wie grosser oder kleiner Ausdehnung er gegeben sein mag. Der Sauerstoff ist aber einfach durch seine Qualität, d. i. durch seine Action. Sind die chemischen Stoffe einfach, in wie fern sie in bestimmten Mischungsgewichten Verbindungen mit einander eingehen, so ist auch dies etwas Qualitatives und nicht etwas Quantitatives. Das Gewicht eines Stoffes ist eine Function desselben, aber kein Kleinstes, kein Partikelchen. Auch hieraus scheint uns nicht nur zu folgen, dass die Atome nicht als absolute Minima der Ausdehnung aufgefasst werden können, sondern auch, dass die Ausdehnung überall nicht als das constitutive, sondern nur als das consecutive Wesen der Materie gelten kann. Kann es daher nur qualitative Atome geben, so weist auch dieser Umstand darauf hin, dass die dynamische Naturansicht im Rechte ist, wenn sie das Wesen der Materie in der Bewegung und nicht in der Ausdehnung findet.

3. Die eigenschaftslose Materie, der passive Stoff, die Grundlage aller Veränderungen.

§. 117. Der aristotelische Begriff der Materie.

Es ist nicht unsere Absicht, an diesem Orte die aristotelische Ansicht von der Materie geschichtlich auseinanderzusetzen. Eine solche Darstellung und Untersuchung setzen wir als gegeben voraus. Wohl aber erscheint es uns nothwendig, den aristotelischen Begriff der Materie an sich selber zu betrachten, da darin eine eigenthümliche Auffassung enthalten ist neben den Begriffserklärungen, die wir unterschieden und zum Theil schon abgehandelt haben. Diese Auffassungsweise steht zuerst dem Idealismus entgegen, der die Materie nur als ein Phänomen geistiger Substanzen und Kräfte gelten lassen will, da Aristoteles die Materie als ein ewiges Sein neben Gott anerkennt. Die Materie soll unvergänglich und unentstanden sein und kann daher kein blosses Phänomen sein. Aber der aristotelische Begriff der Materie unterscheidet sich auch von der Auffassungsweise des Cartesianismus und der corpuscularen Atomistik, welche die Gestalt und die Ausdehnung als das wesentliche Attribut der Materie ansehen, da nach Aristoteles die Materie an sich eigenschaftslos ist. Auch die Gestalt, Form und Ausdehnung ist keine ursprüngliche Eigenschaft derselben. Als eigenschaftslos ist die Materie aber zugleich auch der passive blos be-

wegliche Stoff ohne bewegende Kraft, wodurch sich die aristotelische von der dynamischen Naturansicht unterscheidet, welche die Materie als das Bewegliche mit bewegender Kraft auffasst. Die eigenschaftslose passive und ewige Materie neben dem Absoluten constituirt die eigenthümliche aristotelische Naturansicht. Aristoteles hat die erste wissenschaftliche Untersuchung über den Begriff der Materie angestellt und ist dadurch zu den angegebenen Bestimmungen gelangt. Wir werden aber sehen, dass dieser Begriff überhaupt der erste ist, zu dem man, ausgehend von der Erfahrung, gelangt. Die aristotelische Auffassung bezeichnet nur den ersten Beginn einer Begriffserklärung der Materie. Die aristotelische Ansicht von der Materie, wenn auch in einzelnen Punkten modificirt, hat sich aber nicht nur bis auf Cartesius, der zuerst einen anderen Weg der Betrachtung einschlug, sondern auch darüber hinaus bis auf die Gegenwart, wenn auch nur neben anderen Auffassungsweisen erhalten.

§. 118. Die Annahme der Materie als des Substrates aller Veränderungen setzt die Thatsache der Bewegung und das Streben der Wissenschaften, sie aus ihren Bedingungen und Ursachen zu erklären, voraus.

Aristoteles geht in der Begriffsbestimmung der Materie von der Veränderung oder, wenn man das Wort im allgemeinen Sinne nimmt, von der Bewegung aus, welche aus ihren Ursachen und Bedingungen zu erklären die Bestimmung der Naturwissenschaften ist. Die Veränderung oder die Bewegung ist eine Thatsache der Erfahrung, welche nicht bezweifelt werden kann. Dass sie stattfindet, ist die erste Voraussetzung von allen Naturwissenschaften, die keine Aufgabe und keine Existenz haben würden, wenn keine Bewegung und Veränderung als durch die Erfahrung gegeben und bezeugt angenommen werden könnte. Sollen die Veränderungen aber von den Wissenschaften erklärt werden, so ist die erste Voraussetzung, welche sie machen, dass das Werden in der Natur ein gesetzmässiges ist. Nicht ohne Unterschied entsteht eins aus dem anderen, sondern alles nur aus seinem Gegentheile. Das Feste wird aus dem Nichtfesten und das Flüssige aus dem Nichtflüssigen. Jedes Werden ist eine Verwandlung negativer Gegensätze in einander, welche zusammen gehören. Die Entstehung des einen Gegentheils aus dem anderen würde aber unmöglich sein, wenn der Veränderung nicht ein Etwas zu Grunde läge, das sich verändert und die entgegengesetzten Bestimmungen annimmt. Das allen Veränderungen in der Natur zu Grunde liegende ist die Materie, welche die entgegengesetzten Bestimmungen annimmt. Ohne eine Materie, welche allen Veränderungen zu Grunde liegt, würde die Veränderung selbst unmöglich sein, denn dann würde das Nichtflüssige flüssig und das Nichtfeste fest werden; während, wenn dem Werden ein Substrat, die Materie, zu Grunde liegt, sie selbst übergeht aus dem einen Zustande in den anderen, aus dem nichtflüssigen in den flüssigen. Durch die Annahme der Materie als des Hypokeimenons aller Veränderungen, will Aristoteles den Widerspruch in dem Begriffe der Veränderungen heben, der entstehen würde, wenn Veränderungen stattfinden sollen ohne Etwas, das sich verändert. Das Ungelehrte kann nicht das Gelehrte werden, wohl aber kann

ein Mensch, der zuerst ungelehrt war, ein Gelehrter werden. Die Materie muss daher als Grundlage aller Veränderungen, wenn sie denkbar sein sollen, angenommen werden.

Dieser Begriff der Materie setzt die Thatsache der Veränderung und das Streben der Wissenschaften, sie zu erklären, voraus. Wenn keine Veränderungen als gegeben angenommen oder sie nur als ein blosser Sinnenschein angesehen werden, so bleibt nur der Gedanke des Absoluten, welches unveränderlich und vollkommen ist, nach. Nur wenn es Veränderungen giebt, giebt es eine Materie, und wenn es keine Veränderungen giebt, giebt es nur ein Absolutes und keine Materie. Strebt die Wissenschaft aber nicht, die gegebenen Veränderungen aus ihren Bedingungen zu erklären, deren erste die Materie ist, so kann man wohl dem Flusse der Veränderungen zuschauen, ihn auch vielleicht beschreiben und erzählen; dass es aber eine Materie giebt, welche den Veränderungen zu Grunde liegt, folgt daraus nicht. Nur aus beiden zusammen, der gegebenen Thatsache der Veränderung und dem Streben sie zu erklären, folgt die Materie als Grundlage der Veränderungen. Die Verneinung aller Veränderungen als einen blossen Schein und das Versenken in den Gedanken des Absoluten, der dann allein noch nachbleibt, ist mehr ein mystischer religiöser Zug, der auch alle Wissenschaft aufhebt, die ohne einen Erkenntnissgrund zu keinem Sachgrunde gelangen kann. Das Stehenbleiben aber bei der Anschauung des mannigfachen Wechsels der Veränderungen befriedigt mehr ein ästhetisches, als ein wissenschaftliches Interesse. Jener religiöse Trieb geht über alle Wissenschaft und ihre Möglichkeit hinaus, dies ästhetische Interesse des Wohlgefallens an den Erscheinungen als solchen ist vorwissenschaftlich. Es erhellt hieraus aber, dass der Begriff der Materie theils die Thatsache der Bewegung und Veränderung, dann aber auch das Streben, sie zu erklären, voraussetzt. Denn die Materie ist nicht selbst das Gegebene, welches die Veränderungen sind. Sie ist ihre Grundlage, worauf aus den Veränderungen, wenn sie gedacht werden sollen, geschlossen wird.

§. 119. Der Stoff ist nur neben der Form der bewegenden und der Zweckursache ein erklärendes Princip der Veränderung und kann daher theils nur im Gegensatze, theils nur in Beziehung damit als die an sich eigenschaftslose und passive Materie aufgefasst werden.

Nur neben der Form der bewegenden und der Zweckursache sieht Aristoteles die Materie als die Grundlage aller Veränderungen an. Alle Veränderungen in der Natur können angesehen werden als eine Gestaltung und Formirung der Materie. Die Form kommt nach Aristoteles von Aussen zu der Materie hinzu. Eine Gestalt oder eine Umgestaltung kann die Materie daher auch nur erlangen durch eine äussere bewegende Ursache. Alle Bewegung setzt aber auch einen Zweck voraus, warum sie geschieht. Dieser liegt in der Form, welche die Materie durch die Bewegung erlangt. Es giebt daher vier Erklärungsprincipien der Veränderungen: die Materie, die Form, die bewegende und die Zweckursache. Die Materie ist selbst nur eine, wenn auch die erste Bedingung aller Veränderungen, da sie das Substrat derselben ist, neben der

Form, dem Zwecke und der bewegenden Ursache. Die Materie selbst wird in der Natur im Gegensatze gedacht zu der Form, dem Zwecke und der bewegenden Kraft.

Diese vier Principien oder Elemente constituiren zusammen jedes concrete Dasein. Nichts ist daher auch blos Materie, sondern in jedem concreten Dasein ist der Stoff mit einer Form, mit einer bewegenden und Zeitursache schon verbunden. Die Materie ist nur Ein Element der wirklichen Dinge. Ihr Begriff beruht darauf, dass wir bei den wirklichen Dingen von ihren Formbestimmungen, ihren bewegenden und Zweckthätigkeiten absehen. Die reine Materie, der blosse Stoff, ist in der Natur nirgends gegeben, da die Materie in allem Gegebenen stets mit den drei anderen Elementen und Principien schon verbunden existirt. Empirisch ist nirgend ein blosser Stoff gegeben, denn empirisch ist jeder Stoff schon mit irgend welchen Eigenschaften und Bestimmungen versehen, welche dem Stoffe wohl anhaften oder mit ihm verbunden sind, die aber doch selbst keine Stoffe sind, wie die Form, die Bewegung, der Zweck. Alle concreten Elemente der Natur, sowohl die physikalischen: Erde, Feuer, Wasser, Luft, welche auch Aristoteles nur als Gestaltungsformen der Materie auffasste, als die chemischen Elemente sind nicht blos Materie, da selbst in ihnen schon der Stoff Eigenschaften, Formen und Bestimmungen besitzt, wovon man absehen muss, um die Materie als blosse Grundlage der Veränderungen aufzufassen. Die Materie ist an sich nur ein Gegenstand des Gedankens, der zu der Erfahrung hinzutritt, da das Wahrnehmbare schon Eigenschaften und Formbestimmungen besitzt, welche zugleich auf die anderen Ursachen der veränderlichen Dinge hinweisen.

Bestimmt man nun den Begriff der Materie im Gegensatze mit den drei anderen Principien, so ist sie der an sich form-, zweck- (ordnungs-) und bewegungslose Stoff, der aber zugleich in Beziehung zur Form, Ordnung und der Bewegung gedacht werden muss, da in der Natur jene drei nur zusammen mit der Materie jedes concrete Dasein constituiren und jede Veränderung möglich machen. An der Materie wird daher einerseits eine Verneinung, nämlich der Mangel an Form, Ordnung und Bewegung, andererseits aber das Vermögen, die Potenz oder Dynamis gedacht, jene Bestimmungen zu tragen und zu empfangen. Die Materie wird zuerst als erste Bedingung und Grundlage aller Veränderungen angenommen, ohne welche sie unmöglich oder widersprechend sein würde. Wenn Veränderungen stattfinden sollen, muss es eine Materie oder ein Seiendes geben, welches dem Wechsel entgegengesetzter Bestimmungen zu Grunde liegt. An ihr wird aber auch ferner nothwendig eine Verneinung, nämlich der Mangel an aller Form und Thätigkeit und endlich ein Vermögen gedacht, die Bestimmungen aus den drei anderen Ursachen zu empfangen und zu tragen. Nicht richtig würde es daher sein, wollte man die Materie, weil sie nothwendig mit einer Verneinung oder einem Mangel gedacht wird, nur als ein Nichtseiendes, oder weil sie nothwendig als empfänglich gedacht wird, als ein nur der Möglichkeit nach Seiendes auffassen. In beiden Fällen würde es überhaupt keine Materie im objectiven Sinne geben, sondern würde sie selbst nur idealistisch als eine Erscheinung angesehen werden können. Vielmehr ist hier vorausgesetzt, dass es Materie im objectiven Sinne giebt, als Hypokeimenon aller möglichen Ver-

änderungen. Sie selbst ist ein objectives Sein oder das erste Element von allem objectiven concreten Dasein oder die erste Ursache und Grundlage aller Veränderungen. Aber dies erste Element des concreten Daseins steht theils im Gegensatz, theils in Beziehung zu den drei anderen Elementen, der Form, der Bewegung und dem Zwecke, und in der einen Hinsicht ist eine Verneinung und in der andern eine Empfänglichkeit an ihr zu denken. Nach diesen beiden Seiten werden wir nun diesen Begriff der Materie noch weiter zu betrachten haben.

§. 120. Die Bestimmung der Eigenschaftslosigkeit der Materie gründet sich nicht blos auf einer logischen Unterscheidung, sondern auch auf der Erfahrung.

Die Materie ohne Form, Bewegung und Zweckbestimmung ist die eigenschaftslose Materie. Ihr Begriff beruht auf der Zerlegung der Dinge in ihre Existenz und ihre Eigenschaften. Die Existenz der Dinge ohne ihre Eigenschaften ist die Materie. Im Gegensatze dazu kann man die Eigenschaften die Form nennen, da sie die Bestimmungen des Seins enthalten. In Wirklichkeit giebt es kein Sein ohne Eigenschaften und keine Eigenschaften ohne ein Sein, dessen Attribute sie sind. Indess diese Unterscheidung der Dinge in ihr Sein und ihre Eigenschaften und die isolirte Betrachtung beider Seiten der Dinge, um zu erfahren, was wir darin denken, ist nicht nur zulässig, sondern stützt sich auch auf die Erfahrung. Ohne die Erfahrung würden wir schwerlich die Dinge in Materie und Form, in ihr Sein und ihre Eigenschaften uns zerlegt denken. Denn diese Theilung in Gedanken ruht auf der Wahrnehmung, dass alle Eigenschaften, die wir an den Dingen der Natur bemerken, veränderlich sind. Empirisch kennen wir freilich keine eigenschaftslose Materie, allein die Eigenschaften, welche wir erfahrungsmässig an der Materie beobachten, sind stets der Veränderung und dem Wechsel unterworfen. Wenn dies aber der Fall ist, so ist die Materie auch an sich eigenschaftslos. Denn von den an ihr wechselnden Eigenschaften kommt ihr keine an sich zu. Sie selbst ist nur das Sein der veränderlichen Eigenschaften, von denen keine in ihrem Wesen oder ihrem Begriffe liegt. Die eigenschaftslose Materie ist die Materie, deren Eigenschaften stets veränderlich sind. Beides ist in der That dasselbe. Zeigte die Erfahrung nicht an der Materie stets veränderliche Eigenschaften, würde der Gedanke einer eigenschaftslosen Materie nicht zulässig sein. Der Begriff einer eigenschaftslosen Materie beruht also nicht blos auf der logischen Zerlegung der Dinge in ihr Sein und ihre Eigenschaften, sondern auch auf der Erfahrung, dass alle an der Materie wahrnehmbaren Eigenschaften veränderlich sind. Ohne diese Erfahrung führt die logische Zerlegung nicht zu dem Gedanken einer eigenschaftslosen Materie.

§. 121. Die eigenschaftslose Materie ist das unendliche und unerkennbare nur quantitative Dasein, das zur Erfahrung nothwendig hinzugedacht wird.

Eine eigenschaftslose Materie hat ein blos quantitatives Dasein. Ihre Grösse ist aber keine bestimmte, sondern eine unendliche, da sie an sich gar

keine Eigenschaften und Determinationen besitzt. Ins Unendliche kann sie Eigenschaften annehmen und ins Unendliche kann sie aus demselben Grunde getheilt werden. Jede bestimmte Grösse der Ausdehnung ist nur empirisch und veränderlich an ihr zu denken. Sie ist daher auch nicht schon im Voraus als in bestimmte Quanta und Raumgrössen getheilt zu denken, sondern als eine stets veränderliche oder unendliche Grösse. Die Alten nannten die Materie daher auch das Unendliche (Indefinitum). Das Unendliche, die eigenschaftslose Materie, ist zugleich auch das an sich Unerkennbare. Denn alles, was erkannt werden soll, muss eine Eigenschaft haben, woran es erkannt wird. Was aber, wie die Materie, keine Eigenschaft hat, ist unerkennbar. Die eigenschaftslose Materie ist weder wahrnehmbar, noch mit dem Gedanken zu erfassen. Denn alles, was die Sinne erkennen, ist nur eine Eigenschaft der Materie, sie selber aber nicht. Da diese Eigenschaften überdies stets veränderlich sind und der Materie daher nur unter gewissen Bedingungen, nicht aber an sich zukommen, so kann sie auch nicht durch den Gedanken begriffen werden. Die Materie ist das völlig unbestimmte oder unendliche Sein, was allen Begriffen widerstrebt. Ein solches Sein kann nur imaginirt werden. Es steht allem Erkennen, dem sinnlichen wie dem intellectuellen, entgegen, ist aber doch die nothwendige Bedingung und Voraussetzung für das durch den Verstand und die Sinne Erkennbare, da alle Eigenschaften, welche die Sinne und der Verstand erkennen, ein Sein voraussetzen, dessen Eigenschaften sie sind. Mit anderen Worten heisst dies aber, alle Erkenntniss von der Materie ist rein empirisch; das allein nicht empirisch an ihr Erkennbare ist nur der Gedanke des unendlichen oder unbestimmten Seins, der zu aller Empirie als eine nothwendige Voraussetzung derselben hinzugedacht wird, weil weder Erkenntniss, noch Veränderung ohne ein zu Grunde liegendes Sein möglich ist. Von selbst führt die Empirie, in der wir nie zu Ende kommen können, zu dem sie ergänzenden Gedanken eines unendlichen Seins, das aber zunächst als ein unbestimmtes, als die eigenschaftslose Materie gedacht wird. Alles was die Materie ist, zu bestimmen, fällt der Empirie zu; dass sie aber ist, ist der Gedanke *a priori*, der zu ihr hinzutritt. Es giebt nothwendig eine Materie, weil ohne ein zu Grunde liegendes Sein keine Erkenntniss und keine Veränderung möglich ist. Alle praktische und theoretische Thätigkeit der Natur, wie des Menschen setzt die Materie als den Stoff voraus, der durch sie bestimmt und geformt wird und dadurch Eigenschaften empfängt.

§. 122. Die eigenschaftslose Materie, als Substrat aller Veränderung, ist der passive Stoff, aus dem Alles werden kann, wenn ausserdem bewegende Ursachen gegeben sind.

Soll nun aber aus der Materie etwas werden, muss sie nicht blos als ein mangelhaftes Sein, dem noch alle Bestimmungen fehlen, sondern auch als ein Sein aufgefasst werden, welches Bestimmungen empfangen und tragen kann. Die eigenschaftslose Materie, woraus etwas werden soll, muss zugleich der passive Stoff sein, der durch eine bewegende Ursache Bestimmungen empfängt.

In diesem Sinne ist die Materie das Vermögen, die Potenz, die Dynamis von allem gewordenen Sein. Der Möglichkeit nach ist Alles was aus ihr wird, schon in ihr. Allein dies Vermögen der eigenschaftslosen Materie ist keine Kraft, welche Form, Bewegung und Ordnung (Zweck) aus sich selbst hervorbringen, sondern nur ein Vermögen der Empfänglichkeit, welches etwas Gegebenes annehmen kann. Die eigenschaftslose Materie ist der passive Stoff, der eine ausserdem gegebene Form, Bewegung und Ordnung (Zweck) in sich aufnehmen kann. In allem gewordenen und concreten Dasein in der Welt ist dies der Fall. Da ist die Materie nicht mehr eigenschaftslos, sondern besitzt sie schon Form, Bewegung und Ordnung und ist also mit den anderen Ursachen verbunden. Hier ist der Gegensatz der Materie mit den drei andern Ursachen daher auch nur ein relativer, denn in allem gewordenen und concreten Dasein wirken auch die bewegende, formende und Zweckursache. Materie oder materiell ist Alles nur, wiefern es noch andere Eigenschaften und Bestimmungen empfangen kann, die es selbst also noch nicht besitzt, die aber doch immer schon irgendwie gegeben sein müssen, da aus der Materie allein nichts werden kann. Nichts ist blos Materie, sondern Alles enthält zugleich die drei anderen Ursachen und Elemente in sich. In der gegebenen Natur ist der Gegensatz von Materie und Form, von Stoff und bewegender und Zweckursache in der That nur ein relativer. Jedes concrete Ding ist Stoff, Form, Bewegung und Zweck, und kann im Verhältniss zu einem anderen unter einem dieser Begriffe subsumirt werden, wo es dann im Verhältnisse zu einem anderen unter einen anderen Begriff fällt. Allein ob man den Begriff der Materie im relativen oder im absoluten Sinne nimmt, sie ist stets der relativ oder schlechthin eigenschaftslose und passive Stoff, aus dem etwas werden kann, wenn ausserdem noch die drei anderen Ursachen hinzutreten. Mit diesen wird die Materie immer in einem Gegensatze gedacht, wesshalb sie auch im Verhältnisse zur Materie als eine Einheit aufgefasst werden. Ihre Einheit besteht darin, dass sie thätige, hervorbringende Ursachen sind, während die Materie nur gleichsam eine leidende Ursache ist. Was die Materie aber erleiden oder empfangen kann, darüber lässt sich aus ihr selbst nichts angeben, da dies allein durch die drei anderen Ursachen bestimmt ist. Sie kann empfangen, was ihr von den drei anderen Ursachen gegeben wird, nämlich eine Form, Bewegung und Ordnung. Das Vermögen oder die Dynamis der Materie ist daher ebenso negativ, wie ihre Eigenschaftslosigkeit. Denn wie diese die unerkennbare Unbestimmtheit oder Unendlichkeit ist, so ist auch die Dynamis der Materie an ihr selbst unendlich oder unbestimmbar. Bestimmt ist sie immer nur empirisch, nur die Erfahrung sagt, wie weit die Materie Form, Bewegung und Ordnung empfangen kann. Auch in dieser Hinsicht ist das Nichtempirische an dem Gedanken der Materie nur ihr unbestimmtes passives Vermögen, das nothwendig gedacht wird, wenn überall eine Bewegung stattfinden soll, da sie wie eine bewegende Kraft, so etwas Bewegliches voraussetzt. Das Bewegliche aber ohne bewegende Kraft ist die eigenschaftslose Materie.

§. 123. Der eigenschaftslose passive Stoff als Substrat aller Veränderungen ist nur unter der Voraussetzung des Absoluten denkbar.

Der Gedanke einer eigenschaftslosen und passiven Materie fordert zu seiner Ergänzung nicht blos die stete Rückkehr zur Empirie, welche allein bestimmen kann, was die Materie ist und leistet, sondern auch den Gedanken des Absoluten und zwar nach den beiden Momenten der Eigenschaftslosigkeit und der Passivität des Stoffes. Denn alle Veränderungen und Bewegungen in der Natur setzen nicht blos eine veränderliche Materie, sondern auch ausser der Materie eine bewegende Ursache voraus, die schon ist, was die Materie durch ihre Einwirkung wird. Empirisch ist in der Natur dies Verhältniss von bewegender Ursache und beweglicher Materie etwas Relatives. Diese Relativität der beweglichen Materie und der bewegenden Ursache verläuft aber entweder ins Unendliche, indem die bewegte Materie ins Unendliche eine bewegende Ursache voraussetzt, oder sie geht in einem Kreislauf, indem wechselseitig das eine bewegt und das andere bewegt wird. Beides ist aber in der That undenkbar. Denn ein Rückgang ins Unendliche ist gleich einem Stillstand und eine Erklärung im Kreise ist keine Erklärung. Die kreislaufende Erklärung gelangt zu der Absurdität, dass ein Körper in derselben Beziehung Ursache und Wirkung der Bewegung ist, oder, wie Aristoteles sagt, dass der, welcher lehrt, in derselben Beziehung lernt, in der er lehrt. Da nun sowohl der Rückgang ins Unendliche, als der Kreislauf im Erklären sich widerspricht, so setzen alle Veränderungen und Bewegungen in der Natur nicht blos einen beweglichen und veränderlichen Stoff, woraus Alles wird, sondern auch eine erste bewegende Ursache voraus, welche schon ist, was die Materie durch sie wird. Diese erste bewegende Ursache ist das Absolute. Der passive Stoff, woraus Alles wird, ist also nicht denkbar ohne eine erste bewegende Ursache, die, da sie Alles schon ist, was die Materie durch sie wird, das Absolute ist. Denn die blosse Relativität von Stoff und bewegender Kraft in der Natur führt nur zu einem Regressus ins Unendliche oder zu einer Erklärung im Kreise. Beides ist aber logisch unmöglich. Freilich kann der Gedanke bei der genannten Relativität stehen bleiben; will er aber zu Ende kommen, so wird er entweder in die Widersprüche des Erklärens ins Unendliche oder im Kreise verfallen, oder, wenn diese Widersprüche nicht als Wahrheiten gelten sollen, so muss er eine erste bewegende Ursache annehmen, die schon ist, was die Materie wird. Diese Ursache ist das Absolute, welches nicht als Materie d. i. als durch eine äussere Ursache beweglich, sondern nur als absoluter Geist gedacht werden kann. Die Negation der Materie an dem Absoluten bedeutet nur, dass dasselbe durch keine äussere Ursache Bewegungen, Eigenschaften, Formen empfangen kann, da das Absolute als erste bewegende Ursache der Materie schon Alles besitzen muss, was sie hervorbringt.

Mit Nothwendigkeit involvirt also die Annahme einer nur beweglichen Materie, woraus Alles werden soll, die Voraussetzung des Absoluten als erste bewegende Ursache. Wollte man die Materie für sich denken ohne das Absolute, so würde man aus ihr nicht die Entstehung und Bildung der Natur er-

klären können, da aus der Materie allein nichts werden kann. Hierbei ist es einerlei, ob man die Materie schon im Voraus in bestimmte kleinste Quanta getheilt oder noch ungetheilt denkt. Die vulgäre Atomistik, welche nicht recht weiss, ob und welche Eigenschaften die Atome haben, ruht auf dem aristotelischen Begriffe der Materie, indem sie die Atome nur als bewegliche kleinste Massentheile denkt, welche veränderliche Eigenschaften annehmen können. Ob der passive Stoff als Grundlage veränderlicher Eigenschaften aber ursprünglich als eine unbestimmte Einheit oder Vielheit gedacht wird, ändert an dem Begriffe der Materie selbst nichts, denn an sich hat sie in beiden Fällen keine andere, als quantitative Existenz. Nimmt man diese nun als eine ursprüngliche schon gegebene Vielheit kleinster Grössen von Atomen an, so ist dabei nur auch schon die That der Theilung der an sich unbestimmten Materie anticipirt. Welche dieser beiden Annahmen man aber auch wählen mag, an sich ist die Materie ohne das Absolute nur ein Chaos. Auch die Atome sind ursprünglich nur ein Chaos, worin Ordnung, Bewegung und Form der Materie noch mangelt. Aus dem Chaos der Stoffe oder der Atome wird ohne das Absolute nur ein Chaos.

Freilich meint der s. g. Materialismus, dass die geordnete Welt der Natur aus der Materie ohne das Absolute geworden ist. Allein in diesem Falle geht man entweder schon vom Anfange an von einem anderen Begriff der Materie aus oder er verwandelt sich unter der Hand in einen anderen. Wenn Alles aus der Materie geworden sein soll, so ist sie zugleich auch die erste bewegende Ursache, wodurch aus der Materie alles wird. Der s. g. Materialismus ist die Evolutionslehre, welche annimmt, dass das Absolute, welches zugleich die ewige Materie und der ewige Geist als erste bewegende Ursache ist, sich selber evolvirt. Diese Evolutionslehre, welche man gegenwärtig Materialismus nennt, geht von einer dynamischen Erklärung der Materie und der Annahme aus, dass das Absolute sich stets evolvirt und nie ist. Der s. g. Materialismus ist die dynamische Naturerklärung als System der Evolution. Hierauf werden wir in dem Folgenden zurückkommen. An diesem Orte war es nur nothwendig hervorzuheben, dass, wenn man meint, Alles sei ohne das Absolute aus der Materie geworden, man die Materie zugleich als erste bewegende Ursache oder als ein geistiges Princip denkt und man das Absolute nicht als das Seiende, welches vollkommen ist, sondern als ein Seiendes, welches stets vollkommen wird und sich daher evolvirt, vorstellt. Wenn man die Materie aber nur als passives Substrat der Veränderungen denkt, so setzt dies nothwendig eine erste bewegende Ursache im Absoluten voraus, welches ist, was die Materie wird.

Wenn dies nun aber der Fall ist, so ergiebt sich hieraus auch, dass wie die Passivität, so auch die Eigenschaftslosigkeit der Materie nur unter der Voraussetzung des Absoluten gedacht werden kann. Die Bestimmung der Eigenschaftslosigkeit der Materie an sich beruht, wie gezeigt worden ist, nicht blos auf der logischen Unterscheidung zwischen dem Sein und den Eigenschaften der Dinge, sondern auf der Erfahrung von der steten Veränderlichkeit der an der Materie wahrnehmbaren Eigenschaften. Die Materie ist wesentlich das Seiende in der Veränderung, daher sind alle ihre Eigenschaften von ihr trennbar und zufällig. Um aber die Veränderlichkeit und Zufälligkeit der Eigenschaften der

Materie zu denken, wird nothwendig ein Absolutes vorausgesetzt, dessen Eigenschaften beständig und nothwendig sind. Ebenso fordert das unbestimmte und unerkennbare Sein der Materie, um vorgestellt zu werden, ein absolutes Sein, welches durchgängig in sich bestimmt und erkennbar ist. Die Materie ist unendlich und unerkennbar an sich, ihre Eigenschaften sind zufällig und veränderlich nur im Gegensatze zu dem Absoluten, dessen Eigenschaften nothwendig und beständig, das in sich vollendet und daher erkennbar ist. Denn wenn die Materie ohne das Absolute gedacht wird, so lässt sie sich nicht als Träger zufälliger und veränderlicher Eigenschaften, als ein unbestimmtes und unerkennbares Sein denken, das nur empirisch bestimmbar ist, weil alsdann entweder alle Eigenschaften, welche die Materie doch nur empfangen kann, und die daher stets vorausgesetzt sind, ohne ein Seiendes gleichsam in der Luft schweben, man weiss nicht wo sind, oder die Materie zugleich der Träger der zufälligen und nothwendigen, der veränderlichen und der bleibenden Eigenschaften sein und sie zugleich ein unbestimmtes und in sich vollendetes, ein unverkennbares und erkennbares Sein besitzen müsste. Das erste ist unmöglich, da die Eigenschaften nicht ohne einen Träger sein können. Das andere aber ist ebenso unmöglich, denn wenn der Materie zugleich ihre Eigenschaften wesentlich und nothwendig sind, welche an ihr wechseln, so würde ihr Begriff mit sich selbst im Widerspruch sein. Soll dieser Widerspruch nicht stattfinden oder gelöst werden, so muss ein zweifaches Sein angenommen werden, wovon das eine der Träger der veränderlichen und zufälligen Eigenschaften oder die Materie, das andere aber das Subject der beständigen und nothwendigen Eigenschaften oder das Absolute ist. Die eigenschaftslose Materie ist also ohne die Voraussetzung des Absoluten nicht denkbar.

In metaphysischer Hinsicht, wenn man von allen ethischen Folgerungen absieht, besteht der s. g. Atheismus des Materialismus in einem sich widersprechenden Begriffe von der Materie, die zugleich als das Subject der veränderlichen und zufälligen und der nothwendigen und bleibenden Eigenschaften gedacht wird. Er anerkennt nur Ein Seiendes, die ewige Materie, welche aber Subject widersprechender Prädicate ist. Gelöst werden kann dieser Widerspruchs nur durch die Annahme einer Zweiheit des Seienden, der Materie und des Absoluten. Der Materialismus schiebt die Lösung dieses Widerspruches nur ins Unendliche. Die ewige Materie muss zur Aufhebung ihres Widerspruches sich evolviren, wobei bald die eine, bald die andere Seite des widersprechenden Begriffes wechselweise hervortritt. Durch die Evolution wird der Widerspruch in dem Begriffe der Materie nur verdeckt und verhüllt, nicht aber gelöst. Die Lösung geht ins Unendliche. Die Lösung des Widerspruches selbst aber setzt eine Zweiheit des Seienden, die Materie und das Absolute voraus.

§. 124. Der antike Begriff der Materie und des Geistes.

Von der Materie und von dem Geiste haben die Alten einen anderen Begriff als die Modernen. Die moderne Philosophie geht in der Bildung dieser Begriffe von der Dualität der inneren und der äusseren Erfahrung aus und be-

zieht den Begriff der Materie auf das äussere, im Raum Seiende, den Begriff des Geistes aber auf das innere, im Bewusstsein Seiende.

Daher hat die moderne Philosophie die räumliche Ausdehnung als das wesentliche Attribut der Materie und das Denken oder das Bewusstsein als die wesentliche Eigenschaft des Geistes aufgefasst. Der Körper ist das äusserlich Wahrnehmbare, im Raume ausgedehnte Sein, der Geist das innerlich Wahrnehmbare, das Princip des Bewusstseins. Wie zwischen der äusseren und der inneren Wahrnehmung, so existirt auch zwischen der Materie und dem Geiste nach der modernen Auffassung ein Gegensatz. Geist und Materie werden wechselseitig im Gegensatze mit einander aufgefasst. Freilich hat man in verschiedener Weise diesen Dualismus auf eine Einheit zurückzuführen versucht, aber selbst diese Versuche in der neueren Philosophie setzen doch die Dualität der inneren und äusseren Erfahrung und den bezeichneten Gegensatz von Geist und Materie voraus. Die alte Philosophie aber geht in der Bildung dieser Begriffe nicht von der Dualität der inneren und äusseren Erfahrung, sondern von der Thatsache der Veränderung aus, welche aus ihren Bedingungen und Ursachen erklärt werden soll. Diese sind aber die Materie und der Geist. Beide werden daher auch als Erklärungsgründe der Veränderungen in wesentlicher Beziehung zu einander aufgefasst. Der Geist wird in Beziehung zur Materie und zur Körperwelt als das active Princip der Bewegung und des Lebens, der Gestaltung und der Ordnung der materiellen Welt aufgefasst. Die Alten kennen daher auch keine seelenlose Natur, da überall wo in der materiellen Welt Leben, Bewegung, Gestaltung und Ordnung der Materie wahrnehmbar ist, auch zugleich ein geistiges Princip in ihr wirksam angenommen wird. Thales schreibt dem Magneten eine Seele zu, weil er im Magneten ein selbständiges Bewegungsprincip erkannte. Die ganze Körperwelt fassen die Alten daher als beseelt auf, denn überall, wo ein erster Anfang und wo eine Eigenthümlichkeit der Bewegung hervortritt, hat dieselbe auch in der Seele ein Princip. Den Elementen und den Sternen haben Platon und Aristoteles eine Beseelung zugeschrieben, weil von ihnen selbständige Bewegungen auszugehen scheinen. Aus demselben Grunde galten auch Pflanzen und Thiere als beseelt, da, was sich selbst bewegt, lebendig und beseelt ist. Denn was sich selbst bewegt, hat einen ruhenden, unbewegten, ersten bewegenden Punkt in sich. Die Pflanzen sieht Aristoteles als beseelt an, nicht weil sie Spuren der Empfindung zeigen, sondern weil die Bewegung in ihnen nach Ziel, Maass und Verhältniss geschieht. Die Ordnung, Bewegung, Gestaltung in der Materie beweist den Geist in der Natur wirksam. Ebenso fasst Anaxagoras, obgleich er Geist und Materie scheidet, doch den νοῦς in wesentlicher Beziehung zur Materie auf als den Entmischer der Welt, weil von dem Geiste die alle Elemente und Stoffe scheidende Bewegung ausgeht, wodurch aus dem Chaos Ordnung entstand. Diese Auffassung von dem Wesen des Geistes in wesentlicher Beziehung zur Körperwelt tritt bei Keinem fast stärker hervor, als bei Aristoteles, da er Gott als den ersten und ewigen Beweger der Welt definirt, der den Gestirnen den Impuls zur Bewegung ertheilt, wodurch alle übrigen Bewegungen und Veränderungen in der Welt bedingt sein sollen. Der Geist ist das active, die Materie das passive Princip

aller Veränderungen. Der Geist ist die Einheit der drei Ursachen, der Form, der Bewegung und der Ordnung (Zweck, denn jede Ordnung in der Natur beweiset einen Zweck) in der Materie, welche ARISTOTELES in der Einzelbetrachtung wohl scheidet, die aber ausserdem die Einheit des Geistes bilden. Der Geist ist in dieser Auffassung nicht blos das Princip des Bewusstseins, er lebt und ist nicht blos in sich in seinen reflexiblen Thätigkeiten, sondern ist zugleich das Princip transeunter Thätigkeiten, welche überall in der Materie wirksam sind. Der Geist ist zugleich praktisch, er handelt in der Körperwelt. Der Begriff des Geistes, den die Alten mit diesem Worte verbinden, ist daher umfangsreicher, als der moderne Begriff. Dies gilt auch von dem Begriffe der Materie, der gleichfalls in einem umfassenderen Sinne genommen wird, als bei den Modernen. Die Modernen kennen nur eine körperliche Materie und beschränken hierauf den Begriff der Materie, während es bei der antiken Auffassung zulässig ist, bei den endlichen geistigen Wesen auch von einer psychischen Materie zu sprechen, da sie eine Seite der Passivität und der Veränderlichkeit ihrer Eigenschaften besitzen. Nur Gott, der absolute Geist, der schlechthin activ und die erste bewegende Ursache der Materie ist, ist ohne Materie.

§. 125. Die bewegende Ursache im engeren Sinne und die Zweckursache.

Die Materie kann bewegt werden entweder durch eine Ursache, welche selbst schon in Bewegung ist, oder die selbst unbewegt ist. Ist das erstere der Fall, so geschieht die Bewegung der beweglichen Materie durch Mittheilung. Diese Art der Entstehung der Bewegung scheint sich von selbst zu verstehen, denn wenn materielle Substanzen schon in Bewegung sind, können sie auch andere in Bewegung bringen. Die Entstehung einer Bewegung oder Veränderung in der Materie setzt in der äusseren Ursache schon als wirksam voraus, was in der Materie hervorgebracht wird. Die mechanische, chemische, organische Veränderung der Materie setzt eine der Veränderung selbst vorhergehende und ihr entsprechende Thätigkeit der äusseren Ursache voraus. Was die Ursache hervorbringen soll, muss sie schon sein. Dies ist das Gebiet des relativen Gegensatzes von Materie und bewegender Ursache in der Natur, wo in ihr selbst schon eine Bewegung und dass die bewegende Ursache selbst eine materielle Substanz ist, vorausgesetzt wird. ARISTOTELES sieht als die erste Bewegung, wodurch alle übrigen Veränderungen in der Welt bedingt sind, die unaufhörliche und stetige Kreisbewegung des Himmels an. Die örtliche Bewegung bedingt alle übrigen Veränderungen in der Natur, weil sie ohne Annäherung und Entfernung von Stoffen nicht möglich sind und weil nur die örtliche unaufhörlich und stetig sein kann, während alle übrigen Veränderungen einen Anfang und ein Ende haben. Diese Bewegung aber ist in der ewigen Kreisbewegung des Himmels gegeben. Bei dieser Art der Entstehung der Veränderungen in der Materie wird also stets schon eine Bewegung einer materiellen Substanz vorausgesetzt, denn die Materie kann nicht durch sich selbst sich verändern und in Bewegung kommen.

Der andere Fall ist der, dass die bewegende Ursache selbst unbewegt ist. Eine bewegende Ursache nun, die selbst unbewegt ist, ist ein Zweck. Der

Zweck bewegt, ohne bewegt zu sein. Es giebt also zwei Ursachen der Entstehung der Bewegung, die s. g. wirkende und die finale Ursache. Jene heisst auch die bewegende Ursache im engeren Sinne, die durch Mittheilung Bewegung hervorbringt und selbst schon stattfindende Bewegung in einer materiellen Substanz voraussetzt. Die Bewegung ist aber selbst stets Wirkung und setzt also eine Ursache voraus, welche unbewegt ist. Als eine solche Ursache wird nun von Aristoteles der Zweck angesehen, der bewegt, ohne bewegt zu sein. Denn der gedachte und begehrte Gegenstand bewegt, ohne bewegt zu sein. Das unbewegte Ziel aber bewegt, weil es ist, was das Strebende und Begehrende nicht ist, sondern wird. Der Zweck ist eine vollendete Wirklichkeit als Ursache der Bewegung. Von einer Zweckursache der Bewegung kann schlechthin überall nur die Rede sein unter der Voraussetzung des Absoluten, denn darin wird gedacht, dass die vollendete Wirklichkeit Ursache der Bewegung ist. Dies kann sie aber nur sein, wenn sie existirt, denn was nicht ist, oder was dasselbe ist, blos in unseren Vorstellungen und Gedanken existirt, kann auch nicht Ursache der Bewegung sein. Nur was bereits ist, kann wirken und produciren. Der Zweck ist nicht blos eine Vorstellung von einer vollendeten Wirklichkeit, sondern diese selbst als Ursache der Bewegung, was sie nur sein kann, wenn sie existirt. Ohne das Absolute giebt es keine Zwecke und ohne Zwecke keine erste Ursache der Bewegung, denn an sich ist alle Bewegung nur eine Wirkung.

Erste selbst unbewegte Ursache der Bewegung in der Materie ist Gott oder das Absolute durch das, was es ist. Nach Aristoteles ist nun aber das Absolute der sich selbst denkende vernünftige Geist. Denn das Denken betrachtet er als die reinste und vollkommenste Energie oder That. Nur die in sich thätige, denkende, nicht die nach Aussen thätige, handelnde Vernunft sei das Absolute. Denn alles Handeln hat einen Zweck ausser sich, wovon es abhängig ist. Das Denken aber kann seinen Zweck oder seine Vollendung in sich selber haben. Der Werth und Zweck des Denkens liegt aber in dem Gegenstande desselben, der dadurch erkannt und gewusst wird. Das Denken hat aber seinen Zweck in sich selber, wenn der denkende Geist auch allein der Gegenstand seines Denkens ist. Dies aber sei das Absolute, da es selber ist, was es denkt. Die Absolutheit und Seeligkeit Gottes liegt darin, dass er das Seiende ist, welches sich selber denkt. Als sich selber denkende Vernunft ist das Absolute der unbewegte Beweger der Materie oder Erste Ursache der Bewegung, denn das Absolute äussert eine Anziehungskraft auf die Materie, da es der Zweck von allem ist, und bringt dadurch in ihr das Streben nach dem Ziele hervor. Gott ist nicht durch etwas anderes Zweck, als wodurch er Gott ist, und er ist nicht durch etwas anderes erste unbewegte Ursache der Bewegung, als wodurch er der absolute Zweck ist. Denn dies fällt zusammen. Weil Gott der absolute Geist ist, der sich selber denkt oder ist, was er sein kann und denkt, ist er, wenn etwas ausser dem Absoluten gesetzt ist, auch der Zweck desselben, und wenn er der Zweck desselben ist, ist er zugleich die erste unbewegt bewegende Ursache desselben.

Es giebt also zwei Ursachen der Bewegung. Die eine liegt in den materiellen Substanzen, sofern sie selbst schon in Bewegung sind und andere materielle

Substrate in Bewegung setzen. In der That sind dies nur secundäre Ursachen der Bewegung. Die erste Ursache der Bewegung ist das Absolute als Zweck. Die immanenten Naturzwecke, die beseelten Wesen, sind nur in einem relativen Sinne erste Ursachen der Bewegung. Denn sie sind selbst in Bewegung, sofern sie mit der Materie verbunden sind, worin ihre bewegende Kraft sich äussert, und setzen gleichfalls eine erste bewegende Ursache voraus. Diese ist das Absolute als Zweck.

§. 126. Die eigenschaftslose passive Materie kann keinen Widerstand leisten und daher nicht durch einen Stoss bewegt werden.

Wie bei der bewegenden Ursache unterscheiden wir auch bei der beweglichen Materie zwei Fälle, wie sie bewegt werden kann und also im Stande sein muss, eine Bewegung zu empfangen oder anzunehmen. Denn die Materie kann bewegt werden entweder durch eine bewegende oder durch eine Zweckursache. Wenn sie durch eine bewegende Ursache im engeren Sinne bewegt wird, so besteht diese in einer Materie, welche schon in Bewegung ist. Die bewegliche Materie wird alsdann durch die Mittheilung der Bewegung oder durch einen Stoss bewegt. Um diese Möglichkeit zu erwägen, ist es nun nothwendig, dass man bei dem gegebenen Begriffe der Materie, oder, wenn man es lieber so ausdrücken will, bei der Fiction stehen bleibt, dass die Materie nur der passive eigenschaftslose Stoff ist. Sie gilt also als das Bewegliche ohne bewegende Kraft. Diese kann der Materie selbst nach dem einmal angenommenen Begriffe nicht zugeschrieben werden, weil sie dann nicht eigenschaftslos und blos passives Substrat wäre. Betrachtet man in der Natur die Dinge zugleich, wenn freilich nach unterschiedlichen Seiten als bewegliche Materie und bewegende Kraft, so ist auch bei Aristoteles dies zulässig, da alles concret Existirende aus den vier Elementen oder Principien besteht. Indess liegt auch dann in der Materie oder, soweit die Dinge als Materie angesehen werden, nur, dass sie eigenschaftslose und passive Substrate sind für eine äussere bewegende Ursache. Sowohl abstract als concret aufgefasst, ist die Materie nur das Bewegliche ohne bewegende Kraft. Wenn sie nur durch eine andere schon bewegte Materie, welche bezüglich als bewegende Kraft und Ursache gilt, einen Stoss oder eine Bewegung empfangen soll, so würde die Materie, welche als eigenschaftslos und nur passiv gilt, keinen Widerstand leisten können. Die Bewegung müsste daher gleichsam ungehindert und absolut durch die Materie hindurch gehen. Hätte die Materie Eigenschaften oder dürfte sie also vorgestellt werden, würde sie einen Widerstand leisten und die Aufnahme der Bewegung oder der Stoss würde durch die Materie, die ihn empfängt, selbst mit bedingt sein und sie würde also nicht als blos bewegliches und passives Substrat der Bewegung zu denken sein. Wird sie aber so gedacht, so kann sie auch gar keinen Widerstand leisten. Alsdann ist die Materie aber mehr ein Nichts, als ein Etwas. Aber die Mittheilung der Bewegung oder der Stoss würde auch nach der anderen Seite unmöglich sein, denn er würde gleich einer Kraft sein, welche im Moment alles absolut durchdringt. Der Stoss einer blos beweglichen Materie, die, da sie ohne Eigenschaften ist, keinen Widerstand leisten kann, würde eine absolute

Bewegung sein, welche in der kleinsten Zeit den grössten Raum durchdringt. Eine Bewegung ist also nach beiden Seiten unmöglich, wenn die Materie nur als beweglich ohne bewegende Kraft oder, was dasselbe ist, blos als eigenschaftsloses passives Substrat der Veränderungen, das nur ein quantitatives Dasein hat, gedacht wird. Bewegung ist nur möglich, wenn die Materie einen Widerstand leisten kann, dies kann sie aber nur, wenn sie, statt ein blos eigenschaftsloses quantitatives, ein qualitatives Sein und also zugleich das Bewegliche mit bewegender Kraft ist, wie es die dynamische Naturansicht annimmt. Bei der Annahme einer eigenschaftslosen Materie gleicht die Bewegung einer wunderthätigen Kraft, die beliebig Alles wirken kann, hinaufsteigen und hinabsteigen, rechts und links, vorwärts und rückwärts schreiten kann, da sie durch nichts gebunden ist. Physisch und möglich ist die Bewegung nur, wenn die Materie ein der Bewegung vorhergehendes qualitatives Sein ist. Das quantitative eigenschaftslose Dasein kann überhaupt nicht das erste sein, da dann gar keine Bewegung und Veränderung, wie gezeigt, möglich ist.

§. 127. Die Materie als negative Ursache neben den immanenten Naturzwecken.

Der zweite Fall der Beweglichkeit der Materie findet statt, wenn ein Zweck als Ursache der Bewegung gesetzt wird. Innerhalb der Natur selbst, was wir zuerst betrachten, ist dies der Fall, sofern es in ihr lebendige oder beseelte Wesen giebt. Lebendig und beseelt ist ein Wesen, das sich selbst bewegt. In Bewegung sind die lebendigen Wesen, aber sie sind es durch sich selbst. In einem Wesen, das sich selbst bewegt, ist ein unbewegt bewegendes Princip. Denn ein blosser Kreislauf von Bewegungen ist keine Selbstbewegung, sondern nur eine Relativität zwischen dem Bewegenden und dem Bewegten. Nun aber ist eine unbewegt bewegende Ursache der Zweck. In einem lebendigen Wesen, welches durch sich selbst in Bewegung ist, muss daher ein Zweck sein. Die Seele ist der Zweck als bewegende Ursache der materiellen Veränderungen. Natürlich muss sie sein, wenn sie die Finalursache der Bewegungen ihres Körpers ist, da, was nicht ist, auch nicht Ursache sein kann. Sie selbst ist unbewegt, aber als Zweck die Ursache der Bewegungen ihres Körpers. In diesem Sinne betrachtet schon Aristoteles die Seele als Princip des Lebens und der Bewegung in der Materie. Die Seele ist ein constitutiver und nicht ein regulativer, ein immanenter und nicht ein äusserer Zweck. Regulative und äussere Zwecke sind nur Gründe des Erkennens (*principia cognoscendi*), der constitutive und immanente Zweck ist aber eine *causa essendi*. Die Seele würde aber nicht Finalursache sein können, wenn sie nicht wenigstens relativ ein in sich vollständiges Sein wäre. Daher nennt Aristoteles sie auch Entelechie und stellt sie der Materie entgegen, welche eigenschaftslos und passiv ist. Die Seele ist keine Materie, sondern eine Entelechie und wird nicht bewegt, sondern ist selbst bewegendes Princip ihres Leibes. Die Seele ist die Form, welche der Leib wird, und weil die Seele ist, was der Leib wird, ist sie die bewegende, gestaltende und ordnende Ursache ihres Leibes oder der Materie desselben. Die Form zugleich als be-

wegende Ursache ist die Energeia oder Entelecheia. Die Seele ist aber die erste Energie oder Entelechie ihres Körpers.

Betrachtet man nun die eigenschaftslose und passive Materie in Beziehung auf die immanenten Naturzwecke als Ursachen der Entstehung der Bewegung in der Materie, so müsste die Materie, da sie keinen Widerstand leisten kann, völlig dem Zwecke gemäss, vollkommen lebendig geformt und geordnet existiren. Denn die bewegenden Kräfte der immanenten Naturzwecke müssen die leidende Materie auf einmal und vollkommen durchdringen können. Die Erfahrung zeigt nun freilich, dass dies nicht der Fall ist, denn das vollkommen lebendige Wesen existirt in ihr nicht. Allein aus den zu Grunde liegenden Begriffen folgt dies nicht. Nur die Erfahrung nöthigt uns anzunehmen, dass die Materie der bewegenden Kraft des Zweckes in der Natur einen Widerstand entgegensetzt. In der Widerstand leistenden Materie soll der Grund liegen, dass in der Natur statt des vollkommen lebendigen Wesens eine Vielheit von Graden, Arten und Individuen lebendiger Wesen vorhanden ist, worin die Materie zu immer höheren Graden der Organisation gelangen kann. Die Materie soll durch ihren Widerstand, den sie der bewegenden Kraft des Zweckes entgegensetzt, zugleich der Grund der Vielheit und der Individuation des Lebens in der Natur sein. Die Materie gilt zugleich als das pluralisirende und individualisirende Princip in der Natur. Der Widerstand der Materie, worin in der Natur die bewegende Kraft des Zweckes wirkt, kann von dieser nur allmählig überwunden werden, woraus die Vielheit der Kräfte, Arten und Individuen der lebendigen Wesen entspringt, da sie sich gleichsam nur allmählig und in verschiedenen Graden über die Materie verbreiten kann. Die Materie wird daher als eine zweite Ursache neben dem Zweck angesehen. Sie ist der Grund des äusserlich Nothwendigen und Zufälligen in der Natur neben dem Zwecke. Der Zweck würde die Materie völlig durchdringen, wenn sie nicht Widerstand leistete; indem sie aber Widerstand leistet, entsteht Vielheit und Individuation der lebendigen Wesen als ein äusserlich Nothwendiges und Zufälliges neben dem Zwecke. Offenbar liegt dies nicht in dem Begriffe der Materie, sondern nur in der Erfahrung und wird aus ihr in den Begriff der Materie nur nachträglich hinein verlegt. Es zeigt sich aber auch hier, worauf wir schon früher hingewiesen haben, dass der unbestimmte Begriff der Materie stets durch die Erfahrung wieder ergänzt wird. Er erhebt sich nur über die Erfahrung, um sogleich wieder durch sie ergänzt zu werden. Der Begriff ist der Erfahrung nicht mächtig. In dieser Beziehung ist der Gedanke der Materie mehr eine empirische Vorstellung, als ein Begriff; denn das gegebene System der Natur lässt sich aus ihm nicht begreifen. Wäre er gültig, könnte die Materie nicht eine Ursache neben dem Zwecke sein, dieser müsste die Materie völlig und mit einem Schlage durchdringen. Die Erfahrung zeigt aber, dass es nicht so ist, und da wird die Materie oder ihr Widerstand noch als eine Ursache neben dem Zwecke angenommen.

Allein es fragt sich dann doch, in welchem Sinne eine eigenschaftslose und passive Materie Ursache sein kann. In einem positiven Sinne als eine hervorbringende Ursache kann sie es nicht sein, denn das Eigenschaftslose und Passive kann nichts erzeugen. Sie kann Ursache sein nur in einem negativen Sinne,

indem sie störend, hemmend, verneinend wirkt. Der Widerstand, den die Materie leistet, besteht nur darin, dass sie die bewegende Kraft des Zweckes hemmt. Wird die Materie nun aber nur als eine negative Ursache neben dem Zwecke gefasst, so löste sich auch das, wovon die Materie der Grund sein soll, in einen Schein auf. Sie gilt aber durch ihren Widerstand als das individualisirende und pluralisirende Princip neben dem Zwecke. Die Vielheit der lebendigen Individuen, ihre Arten und Stufen ist nur ein Schein, der nur aus dem einschränkenden Widerstande der Materie stammt. Logisch betrachtet Aristoteles nur die Einzelmassen als Substanzen. Wenn aber die Materie der Grund der Individuation in der Natur ist, so ist diese logische Lehre in der Physik nicht haltbar. Denn in der Natur ist die Vielheit und Individuation selbst nur ein Phänomen aus den einschränkenden Wirkungen der Materie.

Wird die Materie nun aber als eine negative Ursache neben dem Zwecke aufgefasst, so liegt dieser Begriff den idealistischen Vorstellungen von der Materie sehr nahe, wornach sie selbst nur ein Phänomen aus den Hemmungen und Einschränkungen des Geistes sein soll. In dem Idealismus werden diese aber als Selbsthemmungen des Geistes angesehen. Die positive Realität aber, welche hier in der Materie festgehalten wird, liegt darin, dass sie doch als eine negative Ursache ausser und neben dem Geiste angesehen wird. Freilich ist sie eine wunderbare nur negative Ursache. Ihr Widerstand ist nicht positiv, sie hemmt und retardirt nur. Sie wirkt nicht durch eine bewegende Kraft, sondern nur durch ihr Dasein. Aber sie hat doch gleichsam Wirkungen, indem sie als das individualisirende Princip in der Natur angesehen wird, woraus die Vielheit der Grade, Arten und Individuationen des Lebens und der Beseelung stammt, die nicht vorhanden sein würde, wenn ausser der bewegenden Kraft des Zweckes nicht die widerstandleistende Materie vorhanden wäre. Die Materie oder ihr Widerstand wird wohl vielfach nur als eine solche negative Ursache, worin ein Dasein ohne Thätigkeit und bewegende Kraft als Ursache gilt, aufgefasst, allein dieser Begriff möchte doch schwer zu denken sein. Die Materie hat Wirkungen, die aber doch nur Einschränkungen und Hemmungen sind, und sie wirkt durch ihr blosses Dasein ohne bewegende Kraft. Freilich ist die Materie schon an sich das quantitative Dasein und in sofern liegt die Vielheit in ihr, welche in der Natur in den Arten, Graden und Individuen zum Vorschein kommt. Allein sie ist kein bestimmtes, sondern das unbestimmte oder unendliche quantitative Dasein. Ein bestimmtes kann daraus nur durch die bewegende Ursache des Zweckes werden. Dies ist aber doch unmöglich, denn dann müsste der Zweck und nicht die Materie das pluralisirende und individualisirende Princip sein. Gilt die Materie aber dafür, so ist sie auch in diesem Sinne nur eine negative Ursache, welche durch ihr blosses Dasein wirkt. Ebenso ist die Materie an sich gleichsam das Princip des Zufalls neben dem Zwecke, sofern sie das Sein stets veränderlicher oder zufälliger Eigenschaften ist. Wie aber kann das eigenschaftslose Dasein, wenn auch nur zufällig wirken? Die Materie ist die Ursache äusserer Nothwendigkeit neben dem Zwecke, sofern sie der passive Stoff ist, der stets eine äussere Ursache der Bewegung voraussetzt. Soll sie aber der Grund äusserer Nothwendigkeit sein, so muss das

Passive wirken können. Weder das blosse quantitative Dasein, noch viel weniger die Eigenschaftslosigkeit und Passivität des Stoffes kann als eine Ursache gedacht werden.. Die Materie kann also entweder keinen Widerstand leisten, oder, wenn sie Widerstand leistet, ist sie eine negative Ursache neben dem Zwecke, deren Begriff nicht gerechtfertigt werden kann. Soll die Materie oder ihr Widerstand eine Ursache im positiven Sinne sein, muss sie ein qualitatives Dasein und bewegende Kraft besitzen. Ihre verneinenden Wirkungen sind ein unbegreiflicher Schein, dem kein entsprechendes Sein zu Grunde liegt.

§. 128. Die erste Bewegung der Materie.

Bisher haben wir die Materie in Beziehung auf die bewegende Kraft des Zweckes nur betrachtet, wiefern diese selbst in ihrer Existenz und Wirksamkeit an die Materie gebunden ist. Sie selber ist also eine durch die Existenz der Materie bedingte. Die in der Materie wirkenden Zweckursachen sind selbst in der Bewegung, da ihre Existenz an die der Materie gebunden ist, und können daher nicht schlechthin erste Ursache der Bewegung sein, da sie schon eine erste Bewegung in der Materie voraussetzen. Daraus ergiebt sich wohl eine Evolution, aber die Evolution setzt die Materie und eine erste bewegende Ursache voraus. Die Widerstand leistende Materie verhindert, dass in der Natur das Eine vollkommen lebendige Wesen zur Existenz gelangt. Statt desselben existiren in der Natur nur die vielen Individuen der verschiedensten Stufen, Arten und Gattungen lebendiger Wesen, in der That als verfehlte und misslungene Versuche der Darstellung des Einen vollkommen lebendigen Wesens, dessen Existenz die individualisirende und pluralisirende Materie stets verhindert. Dasselbe wird stets, existirt aber nie. Es ist ein blos ideales und kein reales Wesen. Da es aber nicht existirt, sondern nur wird, kann es auch nicht erste Ursache der Bewegung sein. Denn was nicht ist, kann nicht wirken. Die einzelnen lebendigen Wesen, welche, weil sie mit der Materie verbunden sind, selbst in Bewegung sind, können auch nicht erste Ursache der Bewegung sein. Es muss daher ein Absolutes als erste Ursache der Bewegung oder der Evolution vorausgesetzt werden, denn die Evolutionen und Bewegungen der Materie können sich selber nicht hervorbringen, weil sie, wie gezeigt worden, die Materie und den absoluten Geist als erste Bedingungen der Bewegung schon voraussetzten.

Wird nun die Materie und das Absolute gesetzt, so ist dasselbe als Zweck auch erste bewegende Ursache, denn der Zweck ist die vollendete Wirklichkeit als Ursache der Bewegung, was schon früher entwickelt worden ist. Hier aber fragt es sich nun, wie dadurch die Materie bewegt werde. Es scheint dies in zweifacher Weise möglich zu sein, da es zwei Arten der Bewegung giebt, die Anziehung und die Abstossung. Der Stoss setzt aber stets schon eine vorhergehende Bewegung voraus und kann daher nicht Erste Ursache der Bewegung sein. Die Anziehung aber setzt keine vorhergehende Bewegung voraus und kann daher erste Bewegung sein. Richtig erscheint es uns daher, dass Aristoteles die Anziehung als die erste Bewegung der Materie annimmt. Die Anziehung aber ist eine Zielbewegung. Schechthin setzt sie, wenn sie stattfinden soll, eine erste unbewegt bewegende Ursache oder einen Zweck voraus. Das Abso-

lute übt auf die Materie eine absolute Anziehungskraft aus und erzeugt in der Materie das Streben nach dem absoluten Geist als Zweck. Davon ist alle Anziehung in der Materie eine Folge. Alle Abstossung ist nur secundär, sie setzt eine vorhergehende Bewegung schon voraus und kann daher nur stattfinden, wenn die primäre Bewegung, die Anziehung, schon gegeben ist. Die Abstossung als zweite Bewegung wird erst eintreten, wenn ein Hinderniss der ersten Bewegung sich entgegensetzt. Mag die Anziehung auch wunderbar erscheinen, weil sie nur Zielbewegung ist, man wird dies Wunder doch annehmen müssen, da alle Abstossung nur zweite Bewegung sein kann. Wunderbar ist sie nur, wenn es kein Ziel giebt. Das Wunder erklärt sich aber, wenn die Materie und das Absolute ist, da daraus, wie uns scheint, von selbst die Anziehung der Materie folgt. Alle lebendigen Wesen in der Natur können, weil sie Zweckursachen sind, als Anziehungspunkte der Materie, allein einer Materie, die schon in Bewegung ist, betrachtet werden. Die Materie kommt aber ursprünglich in Bewegung, weil es ein Absolutes giebt, das durch das, was es ist, in der Materie die Zielbewegung, die Anziehung, hervorbringt. Sie ist das Phänomen von dem Streben der Materie zum Absoluten durch das Absolute bewirkt. Ursprünglich war nichts als Gott und die Materie, wodurch aber in ihr zugleich die Zielbewegung oder die Anziehung entstand, woraus alles übrige in der Natur entstanden ist.

Die Anziehung ist nun aber nicht denkbar, ohne dass der Materie ein Streben zugeschrieben wird, weshalb es nothwendig ist, zu untersuchen, wie diese Annahme mit dem Begriffe der Materie verbindbar ist. Dies Streben ist in der Materie nicht zufällig, sondern nothwendig und würde also zu ihrem Begriffe oder zu ihrem Wesen gehören, denn die Materie existirt nicht vor dem Absoluten, sondern zumal mit demselben. Man kann daher nicht denken, dass die Materie zuerst der eigenschaftslose passive Stoff in unendlicher Grösse war und nun die Zielbewegung, das Streben in ihr zufällig entstand, wovon die Bewegung der Anziehung das Phänomen ist. Vielmehr gehört das Streben zum Wesen der Materie, da sie nur mit dem Absoluten zugleich gedacht werden kann, worauf ihr Begriff sich gründet. Wenn das aber der Fall ist, so ist die Materie nicht das eigenschaftslose, blos quantitative und rein passive Dasein, sondern vielmehr ein qualitatives und besitzt sie eine ursprünglich bewegende Kraft, denn das Streben ist ihre wesentliche Eigenschaft und Kraft, weshalb sie zugleich Widerstand leisten und nicht blos eine negative, sondern eine positive Ursache sein würde. Der Begriff der Materie, sofern sie der eigenschaftslose rein passive Stoff sein soll, ist daher entweder nicht haltbar, oder die Materie muss ausser aller Beziehung zum Absoluten, wenn gleich neben demselben gedacht werden, in welchem Fall aber auch zugleich nichts aus ihr wird, da dies das Absolute als erste bewegende Ursache voraussetzt. Wird die Materie aber in nothwendiger Beziehung zum Absoluten gedacht, so ist das Streben ihr wesentlich und kann sie nicht blos das eigenschaftslose, nur passive Substrat der Bewegung sein. Das Eine schliesst das Andere aus. Der Begriff der Materie verändert sich also stets, sobald sie in Beziehung zu einer bewegenden Ursache gedacht wird. Sie muss einen Widerstand leisten können, wenn sie durch

einen Stoss in Bewegung gesetzt werden soll. Ihr Widerstand kann nicht blos eine negative Ursache sein, sofern sie eine Wirksamkeit neben der bewegenden Kraft des Zweckes in der Natur haben soll. Zuletzt muss ihr ein Streben zugeschrieben werden, wenn sie überhaupt in Bewegung kommen soll. In allen Stücken muss also der Begriff der Materie erweitert und ergänzt werden, wenn aus ihm das Gegebene erklärt werden soll. Dies beweiset, dass der Begriff der eigenschaftslosen passiven Materie als Substrat aller Veränderung, welche nur ein quantitatives Dasein besitzt, in allen Stücken nur unter der Voraussetzung der dynamischen Auffassung der Materie möglich ist.

§. 129. Die ewige Materie und das Absolute als Finalursache.

Wenn nichts ausser dem Absoluten ist, kann dasselbe auch nicht als Finalursache aufgefasst werden, und wenn es ausser der Materie kein Absolutes giebt, kann man ihr auch kein Streben zuschreiben. Beides ist nur möglich, wenn es eine Zweiheit des Seienden giebt, die Materie und das Absolute. Daraus folgt freilich noch nicht die Ewigkeit der Materie, aber es folgt daraus, dass es eine Zweiheit des Seienden geben muss, wenn das Absolute als Finalursache aufgefasst werden soll und der Materie ein Streben zugeschrieben wird. Denn ein Streben ist nicht ohne ein Ziel, und ein Zweck nicht ohne ein Streben denkbar. Das Absolute kann nicht nach einem Zwecke streben, denn dann wäre es nicht vollkommen, und die Materie kann nicht selbst der Zweck des Strebens sein, denn dann wäre sie das Vollkommene und in ihr könnte kein Streben sein. Wenn nichts ausser dem Absoluten oder wenn nichts ausser der Materie ist, so kann es auch keine Finalursachen geben, und mit Recht leugnet Spinoza, nach dessen Lehre ausser dem Absoluten nichts ist, und der Materialismus, welcher annimmt, dass ausser der Materie nichts ist, die Finalursachen. Indess verwerfen sie sie doch aus einem verschiedenen Grunde. Denn wenn ausser dem Absoluten nichts ist, kann es keine Finalursachen geben, weil das Absolute nicht nach einem Zweck streben kann, da es nicht vollkommner werden kann, als es ist. Wenn aber ausser der Materie nichts ist, kann auch kein Streben stattfinden. Alsdann kann alles entstehen nur durch einen Stoss. Der Stoss setzt aber entweder ins Unendliche rückwärts schon eine Bewegung voraus und kann daher nicht stattfinden, oder er ist ein Zufall. Die Materie, ausser der nichts ist, bleibt daher entweder in Ruhe, oder kommt nur durch den Zufall in Bewegung. Es scheint nun aber noch ein mittleres System zu geben, nämlich die Annahme der Evolutionslehre, welche man auch Materialismus nennt. Nach der Evolutionslehre wird Alles aus der dem Absoluten immanenten Materie durch die eigene bewegende Kraft desselben. Allein die Evolution des Absoluten ist entweder ein ewiger Kreislauf, oder ein Progressus ins Unendliche. Der ewige Kreislauf aber ist eine Erklärung im Zirkel und daher logisch unhaltbar. Der Progressus ins Unendliche aber, dessen treibende Kraft im Rücken liegt und der kein Ziel und keinen Zweck hat, ist ein Fortschritt, der stillsteht. Zwecke sind Nebelgebilde, wenn es entweder ausser dem Absoluten oder ausser der Materie nichts giebt, oder wenn das Absolute selber evolvirt. In diesen Fällen aber giebt es auch keine Erklärung der Ent-

stehung einer Veränderung, einer Bewegung, eines Werdens. Dasselbe findet entweder gar nicht statt und ist ein leerer Sinnesschein, oder es findet nur zufällig statt, oder man weiss nicht warum, die blosse Thatsache der Evolution ist der Grund der Evolution. Von Finalursachen und einer Erklärung des Werdens und der Bewegung kann also nur die Rede sein, wenn es eine Zweiheit des Seienden giebt, die Materie und das Absolute.

Wenn man nun diese Annahme macht, so wird man doch zuerst angeben müssen, wie das Absolute als Zweck die erste bewegende Ursache der Materie sein kann. Dies zu bestimmen, hat indess in der Lehre des Aristoteles besondere Schwierigkeiten. Denn da das Absolute nur ein denkendes, schauendes, erkennendes Wesen mit Ausschluss aller praktischen Thätigkeiten sein soll, so ist nicht abzusehen, wie es die erste bewegende Ursache der Materie sein kann, da ihm in diesem Falle eine That, wodurch es ausser sich wirkt, zugeschrieben wird. Ist das Absolute nur ein denkendes Wesen, so lässt sich nicht begreifen, wie es die erste bewegende Ursache der Materie sein kann. Denn der Zweck ist nicht blos ein stummer Zuschauer, ein theilnahmsloser Gedanke und Begriff, sondern eine bewegende Kraft. Er setzt eine That ausser dem Absoluten. Die Zwecke sieht man freilich nur zu oft als blosse Gedanken und Begriffe an, die in der Ferne dem Spiel der Kräfte zuschauen. Allein blosse Begriffe, Gedanken und Anschauungen sind keine Finalursachen, wenn von ihnen nicht zugleich eine bewegende Kraft ausgeht. Das Absolute muss ein äusserlich handelnder Geist und nicht blos ein theoretischer sein, wenn es die erste bewegende Ursache der Materie sein soll. Blos dadurch, dass das Absolute sich selbst denkt und erkennt, ist es das vollkommene Wesen und auch der Endzweck, wenn etwas ausser demselben ist. Als Finalursache muss es aber zugleich ausser sich wirken, eine That ausser sich setzen. Nun nimmt aber auch Aristoteles dies an, denn das Absolute ist der vernünftige Geist, der sich selber denkt und zugleich der Beweger der Welt. Er selbst aber hebt das Zweite dadurch wieder auf, dass er dem absoluten Geist alle That ausser sich abspricht. Die bewegende Kraft, welche vom Absoluten als Endpunkt ausgeht, ist daher nicht denkbar, wenn dasselbe nur ein denkendes und in sich seiendes Wesen ist mit Ausschluss aller praktischen Thätigkeit. Schreiben wir dem absoluten Geiste aber eine That ausser sich zu, so würde dies eine Schöpfung sein. Das Absolute kann also nicht Finalursache sein, wenn es nicht eine That ausser sich setzt oder schafft. Sobald das Absolute als Finalursache aufgefasst wird, muss es auch als Schöpfer gedacht werden. Ein blos denkender und schauender Gott, dem das Wissen das Höchste ist, kann weder Finalursache noch Schöpfer sein, weil sowohl das eine, wie das andere dem Absoluten eine That ausser sich zuschreibt. Der aristotelische Begriff Gottes, der nur als sich selber denkendes Wesen soll aufgefasst werden können, muss daher erweitert werden, wenn das Absolute als Endpunkt die erste bewegende Ursache der Materie sein soll. Denn Gott kann nur Endzweck sein, wenn er Schöpfer ist. Die Materie, welche er als Zweck in Bewegung setzt, muss er daher selbst hervorgebracht haben. Da nun aber das Absolute als Endzweck schöpferisch gedacht werden muss, so würde dies die ewige Materie neben Gott aufheben oder in eine erschaffene umändern.

Die erste That des Absoluten ausser sich ist die Anziehung, die Zielbewegung, das Streben der Materie. Anders denn als eine That und Schöpfung des Absoluten können wir dasselbe nicht verstehen. Allein diese That soll nun die Existenz der Materie schon voraussetzen. Die Materie gilt als ein ewiges Sein ausser und neben dem Absoluten. Worin aber besteht denn das ewige Sein der Materie? Das Streben der Materie ist eine That des Absoluten, denn das Streben kommt der Materie nur zu, sofern das Absolute Finalursache ist. Wenn das ewige Sein der Materie bestimmt werden soll, so muss also von ihrem Streben abgesehen werden. Wenn ferner die Materie Widerstand leistet und der Widerstand nicht blos eine negative Ursache ist, so muss auch von diesem Widerstande und der dadurch bedingten zweiten Bewegung in der Natur und also von allen bewegenden oder wirkenden Ursachen abgesehen werden, da der positive Widerstand der Materie nur in ihrem Streben und ihrer bewegenden Kraft liegen kann. Sehen wir nun hiervon ab, so liegt die Ewigkeit der Materie nur in ihrem ersten Begriffe, in ihrem eigenschaftslosen, unendlichen und unerkennbaren, blos quantitativen und passiven Dasein. Nur eine so bestimmte Materie ist eine ewige Materie. Man kann der Materie nicht beliebig ein ewiges Sein zuschreiben, sondern dieses Prädikat haftet an einem bestimmten Begriffe derselben. Nur die eigenschaftslose Materie ist die ewige Materie neben und ausser Gott. Aendert man den Begriff der Materie, muss man ihr auch ein anderes Sein zuschreiben. Denn das Urtheil über die Art der Existenz steht mit dem Begriffe des Existirenden in Verbindung.

In dem Begriffe der Ewigkeit der Materie liegt zweierlei, was wir unterscheiden müssen, nämlich theils ihr Unentstandensein, theils ihre Unvergänglichkeit. Denn die ewige Dauer gilt entweder vor oder nach aller Zeit. Eine Materie, die weder unvergänglich, noch unentstanden ist, kann nur ein reines Phänomen sein. Ein blosses Phänomen geistiger Substanzen und Kräfte, das sich wieder auflöst, wie es entsteht, ist die Materie nach dem Idealismus. Auch hier steht aber die Existenz mit dem Begriffe der Materie in Verbindung. Giebt es nur geistige Substanzen und Kräfte, so liegt darin, dass die Materie ein blos entstehendes und wieder verschwindendes Phänomen ist. Ist die Materie die ausgedehnte Substanz, so giebt es entweder, wie die corpusculare Atomistik meint, nur körperliche Substanzen, oder, wie der Cartesianismus will, ausserdem auch geistige Substanzen. In jenem Falle haben die Atome eine ewige Existenz, aber nicht neben dem Absoluten, sondern neben dem Zufall, durch dessen Stoss sie in Bewegung kommen. Sie sind ein ganzes und volles Sein ohne bewegende Kraft, dem daher alle Bewegung zufällig ist. Sie sind nach ihrem Begriffe das ewige Sein ohne Gott. Nimmt man aber neben den ausgedehnten Substanzen geistige an, so wird man beide Arten des Seins entweder in der Weise des Occasionalismus oder der Spinoza's auf das Absolute zurückführen. Die Materie ist ein ewiges Sein nicht neben, sondern in Gott, dessen eines Attribut die Ausdehnung ist. Gott ist im eminenten Sinne die Ausdehnung als untheilbares absolutes Maximum, weil sie als ein positives Wesen aufgefasst wird. Eine ewigeMaterie in Gott wird aber ausserdem noch angenommen in der Evolutionstheorie, nach deren Meinung das Absolute selbst die ewige Materie ist, woraus Alles wird.

In diesem Fall aber ist die ewige Materie zugleich der ewige Geist als bewegende Kraft, wodurch aus der Materie Alles wird. Die ewige Materie in und ausser dem Absoluten ist daher eine andere Materie. Der Begriff der Materie ist ein anderer, je nachdem sie als ein ewiges Sein in oder ausser Gott gedacht wird. Die ewige Materie in Gott ist stets ein ganzes und volles Wesen, die ewige Materie aber ausser und neben Gott ist die eigenschaftslose nur passive Materie, die blos ein quantitatives, unbestimmtes und unerkennbares Dasein hat. Der Begriff der Materie ändert sich mit dem Urtheile über ihre Existenz, und umgekehrt nach ihrem Begriff wird ihr eine verschiedene Existenz beigelegt. Solche Annahmen sind also nicht willkürliche Phantasien, sondern Ergebnisse des Nachdenkens. Wenn das Absolute als die Einheit der Ausdehnung und des Denkens, der Materie und des Geistes, des Vermögens und der Wirklichkeit, der Passivität und Activität gedacht wird, so besagen auch diese Prädikate, in Gott gesetzt, stets etwas anderes, als wenn sie neben und ausser ihm angewandt werden. Dies bedenken die zu wenig, welche in maassloser Polemik den Gedanken einer ewigen Materie bestreiten. Eine gewisse Ewigkeit, nämlich Unvergänglichkeit, muss der Materie auch zugeschrieben werden, wenn man sie als durch Schöpfung entstanden ansicht. Denn es kann nichts zum blossen Vergehen erschaffen sein. Die Schöpfung involvirt den Fortbestand des Erschaffenen. Was von Gott gesetzt ist, ist ewig. Ist die Materie seine That, muss sie unvergänglich sein. Ein einmal Seiendes kann nicht wieder verschwinden, wenn es auch nicht bleibt, wie es entstanden ist. Selbst die Thaten der Menschen dauern in ihren Folgen fort. Ebenso muss eine That des Absoluten, die Schöpfung der Materie ewig dauern. Die Unvergänglichkeit der Materie ist ein nothwendiger Gedanke, wenn sie mehr als ein blosses Phänomen geistiger Kräfte und Substanzen ist, wofür nur der Idealismus sie hält. Die Art der Existenz also, die man der Materie zuschreibt, und ihr Begriff stehen in Verbindung mit einander, das eine ändert sich mit dem anderen.

Soll die Annahme einer ewigen Materie neben Gott zulässig sein, so muss also der Begriff des eigenschaftslosen nur passiven Stoffes sich rechtfertigen lassen. Der Beweis, der aus diesem Begriffe für die Ewigkeit geführt wird, geht selbst schon von der Voraussetzung der Gültigkeit dieses Begriffes aus. Die Materie ist ihrem Begriffe nach unentstanden, wenn sie das ist, woraus Alles durch eine äussere Ursache wird, da ihre Entstehung selbst wiederum eine Materie, woraus Alles durch eine äussere Ursache werden kann, voraussetzen würde. Ebenso folgt die Unvergänglichkeit der Materie aus ihrem Begriffe, denn die Materie kann nur in sich selbst d. i. in die Materie untergehen, woraus Alles durch eine äussere Ursache wird. Wenn die Materie einmal als das nothwendige Substrat aller Veränderung durch eine äussere Ursache angenommen ist, so folgt ihre Ewigkeit, ihr Unentstandensein und ihre Unvergänglichkeit aus ihrem Begriffe. Sie kann nur in sich vergehen und nur aus sich entstehen. Allein dieser Beweis setzt die Gültigkeit des Begriffes der Materie schon voraus. Ihre ewige Existenz neben dem Absoluten ist eine Folge ihres Begriffes. Wenn der Begriff sich aber nicht rechtfertigen lässt, so würde auch der Schluss daraus auf die ewige Existenz der Materie keine Gültigkeit haben. Eine Untersuchung

über die Gültigkeit dieses Begriffes selbst wird aber theils die Bildung, theils die Denkbarkeit desselben erwägen müssen. Zuerst wird es also nothwendig sein, auf die Induction dieses Begriffes der Materie zurückzugehen. Dass er als erklärendes Princip der Erfahrung nicht genügt, da er stets ergänzt werden muss, ist schon in dem Vorhergehenden dargestellt worden. Die Erklärungen aus diesem Begriffe aber setzen seine Induction voraus. Diese gründet sich aber theils auf die Thatsache der Erfahrung, welche das Vorhandensein der Veränderungen und Bewegungen in der Natur bezeugt, theils auf gewisse logische Operationen, um diese Thatsache zu denken. Aus den Bewegungen und den Veränderungen in der Natur, welche wir wahrnehmen und beobachten, schliessen wir auf eine zu Grunde liegende Materie als Substrat der Veränderungen, die aber, da aus ihr nur durch eine bewegende, formende und ordnende Ursache Veränderungen hervorgehen, als an sich eigenschaftslos und passiv bestimmt wird. Die Veränderlichkeit aller an der Materie wahrnehmbaren Eigenschaften beweiset ihre Eigenschaftslosigkeit und Passivität an sich. Alle Eigenschaften sind der Materie zufällig und kann sie nur durch eine äussere Ursache erlangen, weshalb sie auch rein passiv vorgestellt wird. Die eigenschaftslose Materie hat nur noch ein quantitatives Sein. Aus der Eigenschaftslosigkeit der Materie an sich folgt aber auch, dass ihr Sein wie ihr Vermögen der Empfänglichkeit unendlich oder unbestimmt und an sich unerkennbar ist. Alles, was die Materie ist und leidet, ist allein empirisch zu erkennen. Dieser Begriff der Materie würde nur zulässig sein, in sofern er nur als eine Regel der Betrachtung des Gegebenen gilt. Wenn er aber als ein constitutives Princip angesehen und ihm objective Realität zugeschrieben wird, dann ist er nicht haltbar. Das geschieht aber vor allen, wenn die Materie als ein ewiges Sein neben Gott angenommen wird. Gilt der Begriff nur als eine Regel der Betrachtungsweise, selbst nur als eine Auffassungsform des Gegebenen, so besagt die Eigenschaftslosigkeit der Materie, ihr unerkennbares und unendliches Sein und Vermögen der Empfänglichkeit nur, dass dies die Materie für uns, aber nicht, dass sie es an sich ist. Uns sind ihre Eigenschaften an sich unerkennbar, für uns ist ihre Grösse, ihre Existenz und ihr Vermögen der Empfänglichkeit unendlich oder unbestimmt. Damit wird aber zugleich ausgesprochen, dass das Wesen der Materie selbst nicht in Eigenschaftslosigkeit, in einem unbestimmten Sein und Vermögen besteht, vielmehr wird vorausgesetzt, dass die Materie an sich ein qualitatives Sein ist, dass ihre Existenz und ihr Vermögen bestimmt und gemessen ist. Man sieht hieraus, dass, wenn jener Begriff nur eine Regel der Betrachtung ist, er selbst noch einen anderen voraussetzt, dem objective Realität zukomme und der selbst ein constitutives Princip des Erkennens sein würde. Allein das ist hier nicht möglich, da die Materie als ein ewiges Sein neben Gott, der ersten bewegenden Ursache, angenommen wird, und keine andere als die eigenschaftslose Materie kann neben dem Absoluten ewig sein. Da nun diesem Begriffe objective Realität zugeschrieben wird, so werden auch blosse Negationen als Realitäten angesehen, worin der Widerspruch in dem Begriffe der eigenschaftslosen und ewigen Materie neben dem Absoluten hervortritt. Denn es ist der Begriff eines eigenschaftslosen Seins, sofern es als ein objectives angesehen wird, ein

Widerspruch. Für uns kann das Sein eigenschaftslos sein, aber nicht an sich, denn sonst wäre es möglich, dass das Nichts existirte. Was aber Nichts ist, ist auch nicht, und was ist, hat an sich Eigenschaften. Ebenso ist der Begriff eines unbestimmt unendlichen (*indefinitum*) Seins und Vermögens der Empfänglichkeit undenkbar. Das unbestimmt Unendliche hat nur subjective, aber nicht objective Existenz. Jedes objectives Sein und Vermögen ist bestimmt und gemessen, es kann nur für uns aber nicht an sich unbestimmt unendlich sein. Dies haben die späteren Aristoteliker unter den Arabern und Scholastikern namentlich in Beziehung auf das Vermögen der Empfänglichkeit der Materie, die völlige Passivität des Stoffes hervorgehoben. In der Materie oder in den Stoffen müsste schon für die Formen, welche sie annehmen, ein bestimmtes Vermögen vorhanden sein. Vergleicht man dies mit der Erfahrung, so stimmt dies theilweise damit überein. Gewisse Formen, nämlich die Aggregationsformen, scheinen alle Stoffe, indess doch nicht in gleicher Weise, anzunehmen. Für andere Formen, die Krystallformen, sind die Stoffe in verschiedener Weise empfänglich. Dasselbe beweiset die chemische Verwandtschaft der Stoffe, da sie für die chemischen Verbindungsformen, um bei dem Ausdrucke zu bleiben, ein verschiedenes Vermögen der Empfänglichkeit besitzen. Anders erscheint es freilich hinsichtlich der Organisationsformen, wofür die Stoffe, welche überhaupt die organische Materie bilden, eine mehr gleiche Empfänglichkeit besitzen, da die organische Materie alle möglichen Organisationsformen annehmen kann. Allein, wie es sich damit auch empirisch verhalten mag, der Begriff eines unbestimmt unendlichen Seins und Vermögens ist objectiv unhaltbar. Dasselbe gilt nun aber auch von dem Prädikat der Materie, dass sie das an sich Unerkennbare sei, was weder durch die Anschauung, noch durch den Begriff gefasst werde. Auch dieser negative Begriff kann nur eine subjective Bedeutung, aber keine objective Realität haben. Für uns mag Vieles, ja, wenn man will, das Meiste unerkennbar sein, aber objectiv lässt sich dieser negative Begriff nicht gebrauchen. Das an sich Unerkennbare ist das an sich verborgene und verschlossene, dunkle und finstere Wesen der Dinge, das sich keiner Intelligenz offenbaren kann. Es kann niemals Object einer Anschauung oder eines Begriffes werden. Von demselben vermag aber aus diesem Grunde auch keine Intelligenz zu erkennen, ob es ist oder nicht ist, da es dann Object derselben sein muss. Die ewige Materie neben Gott, die an sich unerkennbar ist, ist das dunkle und finstere Princip, von dem man nicht sprechen kann, weil keine Intelligenz es denken oder schauen kann, dessen Wesen man aber doch zugleich völlig als das dunkle und finstere erkannt hat. Das Unerkennbare an sich ist die eigenschaftslose Materie, deren Sein und Vermögen unbestimmt unendlich ist. Wenn es aber kein eigenschaftsloses und unbestimmtes Sein an sich geben kann, so ist der negative Begriff des Unerkennbaren, wenn er objectiv genommen wird, ein Widerspruch. Alles, was existirt, muss auch als ein Erkennbares gesetzt werden, weil es kein eigenschaftsloses und unbestimmt unendliches Sein geben kann. Der Begriff einer eigenschaftslosen Materie, als constitutives Princip des Erkennens, dem objective Realität zugeschrieben wird, gefasst, entspringt aus einer Induction, die den Vorgang des Denkens mit dem Sein

verwechselt und verfällt in so viele Widersprüche, als der inducirte Begriff selbst Bestimmungen hat.

Wenn nun der Begriff der eigenschaftslosen Materie sich nicht rechtfertigen lässt, so kann sie auch nicht eine ewige Existenz neben dem Absoluten haben, denn dieser Begriff kann überall nicht als constitutives Princip und objective Realität gedacht werden. Dies zeigt sich nun aber auch, wenn man die eigenschaftslose Materie sich als ein ewiges Sein neben dem Absoluten denkt. Neben dem Absoluten ist sie entweder eine negative Ursache, welche einen absoluten Widerstand leistet, oder ein blosses Vermögen der Empfänglichkeit. Dies letztere ist gleichsam die positive Seite der ewigen Materie, ihre Eigenschaftslosigkeit aber, ihr unerkennbares und unbestimmtes, blos quantitatives Sein ihre negative Seite. Durch diese Negationen leistet die Materie gleichsam einen absoluten Widerstand, da sie von ihren Negationen nicht befreiet werden kann, und gilt sie selbst als eine negative Ursache neben dem Absoluten, der ausserdem allein positiv und hervorbringenden Ursachen. Wir wollen sie nach beiden Seiten neben dem Absoluten betrachten.

Die ewige Materie als unendliches Vermögen der Empfänglichkeit, müsste, wenn sie dem Absoluten als Finalursache gegenübersteht, von dieser völlig durchdrungen werden können und würde daher vollkommen, wie das Absolute selbst. Aus einer Materie neben dem Absoluten würde sie zu einer Materie in dem Absoluten, welche ihm selbst gleich wäre. Gott würde dann nicht blos der vollkommene Geist, sondern auch die vollkommene Materie sein. Wenn ihm als absoluter Geist gleichsam noch etwas fehlt, da er nur ein denkendes Wesen und nur Finalursache soll sein können, so würde er nun ganz vollkommen sein, er würde gleichsam als vollkommene Materie eine That ausser sich setzen oder schaffen können. Aus sich selbst, aus seiner Materie und durch seine bewegende Kraft würde die Materie ausser ihm da sein. Indess dies soll nicht stattfinden können, da theils dem die Erfahrung widerstreitet, welche eine noch stets dem absoluten Zwecke nicht entsprechende Materie zeigt, theils die negativen Bestimmungen der Materie, wodurch sie einen absoluten Widerstand leistet, indem sie gleichsam ihre Umwandlung in eine ewige Materie in Gott stets verhindert. Die Materie oder ihr Widerstand wird also als eine negative Ursache neben dem Absoluten gedacht. Sie verhindert ihren eignen vollkommenen Zustand. Die ewige eigenschaftslose Materie neben dem Absoluten muss deshalb ins Endlose vor- und rückwärts werden. Die Reihe der Veränderungen, welche eingeschlossen sind zwischen der Materie und dem Absoluten, ist vorwärts und rückwärts endlos; dieses, weil die ewige Materie nur neben dem Absoluten existirt, welches sie stets in Bewegung setzt, jenes, weil das Absolute die Materie nicht durchdringen und in eine Materie in sich verwandeln kann, da sie durch ihre negativen Bestimmungen eine stets verneinende Ursache ist. Gilt die Materie nun aber als eine negative Ursache, die einen absoluten Widerstand leistet, so ist überall nicht abzusehen, wie sie, die alles verneint, in Bewegung kommen kann. Die Materie, welche einen absoluten Widerstand leistet oder eine negative Ursache ist, kann nicht bewegt werden. Die ewige Materie neben Gott müsste alsdann in absoluter Ruhe neben ihm verharren

und alle Bewegung wäre unmöglich. Gestattet sie es aber dennoch, dass das Absolute als Finalursache in ihr ein Streben und Bewegung hervorbringt, so muss die Materie auch von Gott selbst hervorgebracht sein, da das Absolute nicht Finalursache sein kann, ohne Schöpfer zu sein. Der Zweck von Allen kann das Absolute nur sein, wenn es zugleich schlechthin der erste Anfang ist. Die Annahme einer ewigen Materie neben Gott, woraus die Welt durch seine bewegende Kraft geworden sein soll, ist also nicht zulässig. In allen Fällen zeigt sich der Begriff einer ewigen Materie neben Gott nicht haltbar. Sie ist entweder die ewige Materie in Gott, oder sie verharrt in absoluter Ruhe, oder sie ist erschaffen. In allen drei Fällen ändert sich zugleich der Begriff der Materie, denn die ewige Materie in Gott und die erschaffene Materie können nicht an sich eigenschaftslos sein und die in absoluter Ruhe verharrende kann zugleich nicht das Substrat der Veränderungen sein, woraus eine Natur entsteht. Eine ewige Materie neben Gott ist ebenso undenkbar wie eine eigenschaftslose Materie. Dieser Begriff hat nur als Regel der Betrachtung, nicht aber als objectives und constitutives Princip des Erkennens Gültigkeit. In jenem Falle setzt er aber zugleich einen anderen objectiven Begriff der Materie voraus.

4. Die Materie, das Bewegliche mit bewegender Kraft.

§. 130. Die dynamische Naturansicht.

Die dynamische Naturansicht will alle Erscheinungen der materiellen Natur zurückführen auf bewegende Kräfte der Materie, worin sie das Wesen derselben findet. Der Idealismus versucht die Erscheinungen der Natur zu erklären nicht aus bewegenden Kräften der Materie, sondern aus vorstellenden und Willenskräften des Geistes. Der Cartesianismus und die corpusculare Atomistik wollen die Erscheinungen der Natur aus den Modificationen der ausgedehnten Substanz oder den verschiedenen Gruppirungen der kleinsten ausgedehnten Wesen, der Atome erklären. Nach Aristoteles gehen die Erscheinungen der Natur hervor aus der leidenden Materie und ihrem negativen Widerstande, welche sie den in ihr wirkenden Finalursachen entgegensetzt. Nicht blos in der Naturphilosophie, sondern vor allen auch in den empirischen Naturwissenschaften hat die dynamische Naturansicht immer grössere Verbreitung gefunden, seitdem es ihr immermehr gelungen ist, die Erscheinung der Natur auf die bewegenden Kräfte der Materie zurückzuführen. Wenn in der Naturphilosophie daneben auch der Idealismus und in den empirischen Naturwissenschaften die corpusculare Atomistik und zum Theil auch der aristotelische Begriff der Materie verwandt werden, so scheint uns doch, dass die Zukunft der dynamischen Naturansicht angehört. Denn die Corpuscularphilosophie und der Idealismus sind beide auf dem Rückzuge begriffen. Jene Spielereien der Atomistik, aus blossen Gruppirungen der Atome die Erscheinungen der Natur zu erklären, sind ebenso im Verschwinden begriffen, wie die Versuche des Idealismus, aus blinden Geistern und erstarrten Intelligenzen oder jenem bodenlosen Willen zum Leben, der nichts als sich verneinen will, die Natur hervorgehen zu lassen.

Unmittelbar setzen wir das Wesen der dynamischen Naturansicht nicht in KANT's s. g. Construction der Materie aus bewegenden Kräften der Anziehung und der Abstossung, noch in SCHELLING's Unternehmen, aus der absoluten Productivität der Natur und ihren Triplicitäten in fast magischer Art die Wunder der Natur entstehen zu lassen. Denn selbst wenn KANT's Construction der Materie nicht genügte und wenn SCHELLING's Naturphilosophie misslungen wäre, es würde trotzdem eine dynamische Naturansicht und zwar in den empirischen Naturwissenschaften selbst geben. Denn unverkennbar nehmen sie überall als die letzten Erklärungsprincipien der Natur die bewegenden Kräfte der Materie oder der Atome selbst an. Von den Atomen selbst weiss man nichts anderes anzugeben, als dass sie Subjecte bewegender Kräfte sind. Hierin besteht aber unserer Auffassung nach das Wesen der dynamischen Naturansicht. Denn wir glauben gezeigt zu haben, dass weder im Cartesianismus, noch in der Atomistik, noch bei ARISTOTELES, viel weniger aber im Idealismus die Annahme, dass der Materie bewegende Kräfte zukommen, zulässig ist. Der Idealismus kann diese Annahme am wenigsten machen, da er die Materie nicht als ein objectives Sein, sondern nur als ein Phänomen geistiger Kräfte ansieht. Geistige Substanzen können weder bewegende Kräfte besitzen, noch ausüben. Auch die eigenschaftslose, nur passive Materie hat keine bewegende Kraft, sie ist nur eine negative, aber keine positive Ursache. Atomen aber kann Niemand im Ernste bewegende Kräfte zuschreiben, es möchte denn sein, dass man mit dem Worte etwas anderes als die Sache bezeichnet. Atome, welche bewegende Kräfte besitzen, sind nur dem Namen, aber nicht der Sache nach Atome. Es bleibt also nur noch die eine Ansicht übrig, welche mit dem Namen einer dynamischen Naturansicht bezeichnet werden kann, nämlich die, welche annimmt, dass die Materie bewegende Kräfte besitzt, hierin ihr Wesen besteht und daraus die Erscheinungen der Natur zu erklären sind.

§. 131. Die drei Arten von Eigenschaften der körperlichen Materie und ihr Zusammenhang.

An jedem Körper lassen sich drei Klassen von Eigenschaften unterscheiden, die sinnlichen, die räumliche Ausdehnung und die Bewegung. Sinnlich nennen wir die Eigenschaften, welche direct durch die Sinne ohne die Hülfe des Gedankens wahrgenommen werden, wie Farbe, Ton, Klang, Härte, Druck, Wärme. Die sinnlichen Eigenschaften sind eine unermessliche Mannigfaltigkeit fünffacher Erscheinungsformen. Die Materie ist der Inbegriff sinnlicher Eigenschaften. Zugleich nehmen wir an den Aussendingen auch wahr ihre räumliche Ausdehnung und Gestalt. Diese Eigenschaft können die Sinne jedoch nicht ohne die Hülfe des Gedankens, der allein die dritte Dimension inne hat, wahrnehmen. Die Materie ist das nach den drei Dimensionen des Raumes ausgedehnte Wesen. Die dritte, an den Körpern wahrnehmbare Eigenschaft ist die Bewegung. Sie ist ebenso wenig wie die Ausdehnung direct durch die Sinne wahrnehmbar. Die Bewegung wird nur mit der Hülfe des Gedankens von den Sinnen wahrgenommen. Direct sehen wir jeden Körper stets nur an einem Orte, nicht aber

an verschiedenen, welche er, in Bewegung seiend, durchläuft. Erkennen, dass ein Körper sich bewegt, heisst, ihn in der Succession der Oerter auffassen, die er durchläuft. Dies wird nur durch die Hülfe des Gedankens möglich, indem wir in dem Gegenwärtigen, was wir allein wahrnehmen können, das Vergangene denken. Die Wahrnehmung, welche den Körper in Bewegung und Veränderung auffasst, wird stets von dem Gedanken begleitet, der ihr folgt und vorhergeht. Denn um die Bewegung aufzufassen, ist es nicht nur nothwendig in dem Gegenwärtigen, was die Wahrnehmung fasst, das Vergangene, sondern zugleich auch das Zukünftige zu denken, da sonst der Körper als ruhend in dem zuletzt aufgefassten Momente wahrgenommen werden würde. Die Wahrnehmung der Bewegung geschieht nur mit Hülfe des Gedankens. Die Bewegung ist daher, wie die räumliche Ausdehnung, keine allein sinnliche Eigenschaft der Materie. Die Bewegung lässt sich ausserdem auch ebenso wenig wie die dritte Dimension der körperlichen Ausdehnung zeichnen, woraus gleichfalls folgt, dass sie direct nicht sichtbar ist, denn alles, was sichtbar ist, kann durch eine Zeichnung dargestellt werden. Die Linie ist ein Bild der Bewegung, indem wir sie ziehen, gezogen aber nicht mehr, denn da ist sie nur eine Dimension der Ausdehnung.

Die Materie ist das Bewegliche, sagt Aristoteles, und sie ist das Bewegliche mit bewegender Kraft, behauptet die dynamische Naturansicht. Die sinnlichen Eigenschaften scheinen es zweifelhaft zu lassen, ob die Materie mehr als ein blosses Phänomen von etwas Anderem ist, wie der Idealismus glaubt. Aber die Materie ist selbst als Inbegriff sinnlicher Eigenschaften nicht ohne die Annahme ihres objectiven Seins denkbar. Ein solches folgert der Cartesianismus und die corpusculare Atomistik aus der räumlichen Ausdehnung der Materie, welche sie als ihr wesentliches Attribut betrachtet. Auf der Bewegung gründet sich die aristotelische und die dynamische Naturansicht. Aristoteles schreibt der Materie Bewegung nur im passiven, die dynamische Naturansicht schreibt ihr Bewegung auch im activen Sinne zu. In beiden Fällen aber wird die Materie als ein objectives Sein angenommen. Die Bewegung scheint noch mehr als die Ausdehnung das objective Sein der Materie zu bezeugen. Denn durch die Bewegung hat die Materie gleichsam ein von der Ausdehnung und dem Raume unabhängiges Dasein, indem sie ihren Ort und ihre Ausdehnung verändern kann. Durch die Bewegung gewinnen wir auch eine Ueberzeugung von der besonderen Existenz der Körper. Die alten Mexikaner glaubten, als die Spanier zu Ross kamen, dass Ross und Mann ein Wesen seien, bis sie gewahr wurden, dass beide getrennte Bewegungen hatten. Erst die Bewegung giebt uns Gewissheit von der objectiven und der besonderen Existenz der Körper. Die Materie, blos als Inbegriff sinnlicher Eigenschaften, lässt es noch zweifelhaft, ob sie mehr als ein blosses Phänomen ist. Die nur ausgedehnte Materie ist mehr ein geometrisches als ein physisches Wesen. Erst durch die Bewegung ist die Materie ein natürliches Ding. Die bewegliche und die bewegliche Materie mit bewegender Kraft lässt sich nicht mehr als blosses Phänomen und ein blosses Gedankending auffassen.

Die Bewegung ist aber selbst die objective Bedingung der sinnlichen Eigenschaften und der Ausdehnung der Materie. Für sich sind die sinnlichen Eigen-

schaften nur Erscheinungsformen der Materie. Erscheinung ist aber nicht möglich ohne Etwas, das erscheint, und ohne ein Wesen, dem Etwas erscheint. Jenes ist die Materie, dieses ist der Geist. Es folgt hieraus aber nur die blosse Existenz der Materie als objective Bedingung aller Erscheinungen, die von den Sinnen wahrgenommen werden. Durch ihr blosses Dasein kann die Materie aber nicht ein Grund der Erscheinungen sein, denn das blosse Dasein bringt nichts hervor. Ein Grund der Erscheinungen, welche die Sinne wahrnehmen, kann die Materie nur durch ihre Bewegung sein. Sie wird nicht dadurch empfunden und wahrgenommen, dass sie ist, sondern dadurch, dass sie einen Eindruck auf die Sinne macht. Der Eindruck auf die Sinne ist eine Bewegung, wodurch die Sinne zur Empfindung erregt werden. Nach der Seite der Materie liegen daher allen Erscheinungen oder sinnlichen Eigenschaften Bewegungen zu Grunde. Die Physik hat daher auch die Erscheinungen des Lichts, der Wärme, des Tones auf Bewegungen der Materie zurückgeführt. In der Bewegung der Materie liegt die eine Bedingung und das eine Element aller Erscheinung, deren andere Bedingung der Geist ist. Auch die Physik sieht sich bei der Erklärung des Lichts, der Wärme, des Schalles stets genöthigt, auf das andere Element der Erscheinungen, die sinnbegabte Seele und ihre Empfindungen zu recurriren. Aber die Materie als Inbegriff sinnlicher Eigenschaften. als wahrgenommene Erscheinung ist nicht möglich, ohne dass der Materie bewegende Kraft, wodurch sie allein einen Eindruck auf die Sinne machen kann, zugeschrieben wird. Wäre die Materie nur ausgedehnte Substanz, würde die Wahrnehmung ihrer Erscheinungen entweder gar nicht, oder nur in der Weise der Alten sich erklären lassen, welche annehmen, dass Eidole von den Körpern sich ablösten und durch die Sinne in die Seele strömten, wodurch die Materie oder ihre Eigenschaften selbst wahrnehmbar werden sollten. Es ist aber gar nicht einzusehen, wie eine blos ausgedehnte Substanz oder ein Aggregat blos ausgedehnter Atome einen Eindruck auf die Sinne machen kann, denn die Ausdehnung ist nur ein ruhendes Dasein, welches ohne Bewegung keinen Eindruck machen kann. Da die Bewegung überdies keinen Grund in blos ausgedehnten Substanzen und Atomen hat, würde nur der Zufall den Eindruck auf die Sinne machen können, wenn sie die sinnlichen Eigenschaften der Materie wahrnehmen. Wenn man aber auch annimmt, dass von den ausgedehnten Dingen sich etwas ablöst, das durch die Sinne in die Seele strömt und sie zur Empfindung sollicitirt, so setzt dies bewegende Kraft in der Materie voraus, da nur durch Bewegung sich von den Körpern etwas ablösen und nur durch Bewegung dasselbe in die Seele durch die Sinne strömen kann. Die Erscheinungen der Materie. ihr Eindruck auf die Sinne ist also nur durch eine bewegende Kraft in ihr möglich. Auch aus der an sich eigenschaftslosen passiven, nur beweglichen Materie lassen sich die sinnlichen Erscheinungen nicht erklären, wenn man ihr nicht zugleich eine bewegende Kraft zuschreibt, wodurch sie einen Eindruck auf die Sinne macht. Ihrer negativen Ursächlichkeit mag man noch einigermassen Wirkungen zuschreiben können, wenn zugleich in der Materie Finalursachen wirksam sind. Allein daraus lässt sich auch nicht ihr Eindruck auf die Sinne und ihre sinnliche Eigenschaft erklären, ohne dass sie selbst be-

wegende Kraft besitzt. Das positive Sein der Materie giebt sich erst zu erkennen durch ihre bewegenden Kräfte, wodurch sie selbst ein positiver Grund und eine positive Bedingung der gesammten Erscheinungswelt ist.

Die Bewegung ist nicht nur eine objective Bedingung der sinnlichen Eigenschaften, sondern auch der Ausdehnung der Materie. Die Ausdehnung ist nicht das primäre, sondern das secundäre Wesen der Materie. Ihr primäres Wesen liegt in ihren bewegenden Kräften. Alle Modificationen der Ausdehnung und also sie selbst lassen sich aus bewegenden Kräften ableiten. Wenn die Geometrie dies kann, sieht man nicht ein, warum es in der Natur nicht stattfinden soll, selbst wenn die Krystallographie und die Morphologie diese Aufgabe noch nicht völlig gelöst haben sollten. Wenn alle Modificationen der Ausdehnung sich aus bewegenden Kräften ableiten lassen, muss die Ausdehnung selbst darauf zurückführbar sein, denn alle Modificationen der Ausdehnung sind gleich der Ausdehnung. Nun aber sieht Cartesius doch die Ausdehnung als das primäre und constitutive Wesen der Materie an, das aus nichts anderem, als sich selbst begriffen werden kann. Der Begriff der Ausdehnung bedürfe keiner Erklärung, da er durch sich selbst klar und deutlich ist. Ebenso betrachtet die corpusculare Atomistik die Ausdehnung als das erste und wesentliche Attribut der Atome. Sie unterscheidet sich von dem Cartesianismus nur in dem Punkte, dass sie nicht wie er das materielle Universum als Eine continuirliche Ausdehnung, sondern als eine Vielheit getrennt für sich existirender ausgedehnter Wesen betrachtet, deren jedes eine unveränderliche und ewige Gestalt besitzt. Die Atomenlehre betrachtet daher nicht blos die Ausdehnung im Allgemeinen, sondern auch ihre *modi*, die besonderen Gestalten, als primäre und ewige Wesen, aus deren Gruppirungen die Erscheinungen der Natur entstehen sollen. Ueber die Gestalten der Atome kann es viele Phantasien geben, wie die Geschichte der Naturwissenschaften noch aus dem vorigen Jahrhundert beweist (Dalton), indess schwer eine Erkenntniss. Denn da die Atome unendlich klein und unsichtbar sind, kann ihre Gestalt empirisch nie nachgewiesen werden. In den Erfahrungen liegen überdies auch keine Anzeigen, woraus man mit Sicherheit auf die Gestalten der Atome schliessen könnte, zumal da selbst in der Krystallographie, wo noch am meisten Anhaltspunkt dafür gegeben war und sich daher auch Angaben darüber am längsten erhalten haben, die atomistische Hypothese aufgegeben und eine dynamische an ihre Stelle getreten ist. Man kann gerade nur fingiren, dass und welche Gestalten den Atomen zukommen, wobei die letzte Entscheidung stets dem individuellen Ermessen der Imagination überlassen bleibt. Solche ursprüngliche Gestalten der Atome in ihrer unermesslichen Vielheit als Erklärungsprincipien angenommen, sind offenbar die dunkelsten Qualitäten, welche man voraussetzen kann, da sie reine Fictionen sind und bleiben. Sieht man aber auch von der Frage ab, welche Gestalten den verschiedenen Atomen zukommen sollen, so ist doch die Annahme selbst, dass die Ausdehnung entweder als Einheit oder als eine Vielheit von Gestalten das primäre und ursprüngliche Wesen der Materie ausmachen, wie uns scheint, unhaltbar. Denn die Ausdehnung ist selbst ohne bewegende Kraft der Materie nicht denkbar. Die Ausdehnung ist, wie Leibniz sagt, die simultane und ununterbrochene

Wiederholung einer Sache oder einer Qualität, ohne welche sie nicht vorgestellt werden kann, da sie selbst kein letztes Subject, sondern nur ein Prädikat ist. Eine simultane und ununterbrochene Wiederholung kann aber nur durch Bewegung geschehen. Die Ausdehnung der Materie setzt selbst in ihr bewegende Kräfte voraus, wodurch eine simultane und ununterbrochene Wiederholung geschieht. Atomistisch kann man freilich die Ausdehnung gleichsam machen, indem man Atome und leere Räume aneinander fügt. Die Zusammensetzung von Atomen und leeren Zwischenräumen, woraus die wahrnehmbare Ausdehnung der Körper entstehen soll, kann in der Phantasie nur durch die Thätigkeit des Denkens und in der Natur nur durch bewegende Kräfte geschehen. Auch diese Eigenschaft der Materie kann, wie ihre sinnlichen Eigenschaften, nur durch die Bewegung, wie uns scheint, verstanden werden, daher liegt in der Ausdehnung nur das secundäre und consecutive, das primäre und constitutive Wesen der Materie aber in ihren bewegenden Kräften.

§. 132. Die Entstehung und die Schöpfung der Materie, das System der Emanation, der Evolution und des Realismus.

Wenn die Bewegung das Wesen der Materie ausmacht, so kann dies doch in zweifacher Weise vorgestellt werden, denn entweder ist die Materie selbst das Subject der bewegenden Kräfte oder sie ist nur ein Product aus Kräften und Thätigkeiten, woraus sie selbst resultirt. Die erstere Ansicht gründet sich auf einem Realismus, die andere auf dem Systeme der Evolution. Der Realismus betrachtet die Materie als das Gegebene der äusseren Erfahrung und ihren Begriff als einen empirischen, der nur aus dieser Erfahrung gewonnen werden kann. Die Materie sieht er als ein Realprincip von allen Erkenntnissen an, das aus nichts anderem abgeleitet werden kann. Nach der Evolutionstheorie soll der Begriff der Materie ein Begriff *a priori* sein, der durch eine s. g. transscendentale Deduction aus dem Wesen den Geistes sich ergiebt, weshalb sie auch den Ursprung der Materie aus blossen Thätigkeiten glaubt ableiten zu können. Wir werden uns, bevor wir den dynamischen Realismus darstellen, zuerst mit dieser dynamischen Evolutionstheorie kritisch auseinandersetzen müssen. Eine solche dynamische Evolutionstheorie ist die SCHELLING'sche Naturphilosophie, welche durch eine Umgestaltung der von KANT zuerst gegebenen Grundlagen hervorgegangen ist, indem sich SCHELLING für die Ausbildung der Naturphilosophie glaubte an den Idealismus und die Evolutionslehre FICHTE's anschliessen zu müssen.

Es scheint, dass das höchste Problem der Naturphilosophie darin besteht, den Ursprung der Materie nachzuweisen. Sieht man die Materie nun wie wir als ein Realprincip von allen Erkenntnissen an, so wird man freilich von vorneherein die Lösung dieses Problemes für unmöglich halten, weil die Stellung desselben nicht zulässig ist. Denn wenn die Materie das Gegebene der äusseren Erfahrung ist, woraus allein ihr Begriff gewonnen werden kann, und jede Erfahrung durch das objective Sein der Materie, wie in dem ersten Abschnitte gezeigt worden ist, bedingt ist, so lässt sich jenes Problem nach der Entstehung

der Materie nicht stellen, denn dann müsste man einerseits von aller Erfahrung absehen und anderseits die Erfahrung selbst aus einem blossen Begriff construiren oder gewinnen können, was unmöglich ist. Wenn wir von aller Erfahrung, der äusseren wie der inneren, absehen, bleibt nur der Gedanke des Absoluten nach, wodurch jede Erfahrung, die wir machen, bedingt ist. Denn alle Erfahrung, die wir erleben, ist etwas Bedingtes und involvirt daher nothwendig den Gedanken des Absoluten als der Bedingung aller Erfahrung. Aus dem Absoluten kann man aber die Erfahrung, ohne sie selbst zu erleben, nicht ableiten. Je mehr man sich in diesen Gedanken versenkt, um so mehr wird man auch die Erfahrung als einen blossen trügerischen Schein neben dem Absoluten ansehen. Alle Erkenntniss aus dem Absoluten als Sachgründe der Natur setzt die Erfahrung, sowohl die innere wie die äussere, als Erkenntnissgrund für das Absolute selbst voraus. Das denkende Ich, welches das Absolute selber nicht ist, muss die Erfahrung selbst als einen Erkenntnissgrund des Absoluten ansehen, da es das Absolute nur als Bedingung aller Erfahrungen denken kann. Aus diesem Grunde nehmen wir nicht ein, auch nicht zwei, sondern drei Realprincipien aller Erkenntniss an, nämlich die Materie, wovon wir nur durch die äussere Erfahrung wissen, den Geist, der nur in innerer Wahrnehmung erkannt wird, und das Absolute als Bedingung aller Erfahrung. Soll Erkenntniss möglich sein, was alle Wissenschaften fordern, muss man diese drei Realprincipien des Erkennens zumal mit einander anerkennen. Aus dem Absoluten kann weder die Materie, noch der Geist abgeleitet werden, da diese Begriffe nur aus der inneren und der äusseren Erfahrung sich ergeben. Ebenso wenig können Geist und Materie aus einander abgeleitet werden, da jede Erfahrung schon den Geist und die Materie voraussetzen. Die innere Erfahrung kann nicht durch die äussere und umgekehrt diese nicht durch jene ersetzt werden, denn alles Körperliche ist nur äusserlich, nicht aber innerlich, alles Geistige aber nur innerlich, nicht aber äusserlich wahrnehmbar. Zu den beiden uns möglichen Erfahrungsgebieten tritt aber auch nothwendig der Gedanke des Absoluten hinzu, weil alle Erfahrung erlebt wird und daher durch das Absolute bedingt ist.

Wenn man die Materie als das Gegebene der äusseren Erfahrung und als ein Realprincip des Erkennens betrachtet, so schliesst dies nicht aus, sie als durch Schöpfung entstanden aufzufassen. Denn richtig angesehen ist beides dasselbe. Die Materie als das Gegebene der Erfahrung und sie als eine vollendete Thatsache der Schöpfung auffassen, ist dasselbe. Denn die Materie als durch Schöpfung entstanden auffassen, besagt nur, dass die Materie gegeben ist und nicht aus sich selber stammt. Dies weist aber zugleich die Frage zurück, wie sie entstanden, da diese Frage bei der Annahme der Schöpfung unzulässig ist, denn die Schöpfung ist kein werdender Act, wodurch etwas allmählig zum Dasein gelangt, sondern eine vollendete Thatsache. Das eine schliesst also das andere nicht aus, vielmehr liegt das eine in dem anderen. Denn die Materie als das Gegebene aller Erfahrung auffassen und sie als durch Schöpfung entstanden ansehen, ist dasselbe, da die Materie als das Gegebene nicht aus sich selbst stammt und alle Erfahrung durch den Gedanken des Absoluten be-

dingt ist. Die Schöpfung drückt nur den nothwendigen Zusammenhang zwischen der Erfahrung, welche der Erkenntnissgrund für das Absolute ist, und dem Absoluten aus, welches der Sachgrund ist aller möglichen Erfahrungen.

Eine Erklärung von der ersten Entstehung der Materie hat nicht die Bedeutung der Schöpfung, vielmehr schliesst das eine das andere aus. Wenn man die Materie als durch Schöpfung entstanden ansieht, wird sie als das Gegebene der äusseren Erfahrung genommen und ihr Begriff ist ein empirischer. Wenn man aber die Entstehung der Materie glaubt erklären zu können, so ist ihr Begriff ein Begriff *a priori*, zu dem die Erfahrung höchstens nachträglich hinzutreten kann. Die Materie lässt sich dann nicht als ein substantielles Sein und als ein Subject bewegender Kräfte, sondern nur als ein Prädikat und Resultat und als ein Phänomen auffassen.

Es giebt drei Versuche, die Entstehung der Materie zu erklären, nämlich den Idealismus, und die Systeme der Emanation und der Evolution. Der Idealismus geht von der Realität der inneren Erfahrung aus, setzt den Geist als die alleinige Substanz aller Erscheinungen und will den Gegenstand der äusseren Erfahrung, die Materie, *a priori* construiren als ein blosses Phänomen aus den Relationen geistiger Substanzen. Diese Relationen sind aber, wie gezeigt worden ist, selbst nur unter der Annahme eines objectiven Seins der Materie möglich. Die äussere Erfahrung kann nicht durch die innere ersetzt und aus ihr construirt werden.

Die Systeme der Emanation, welche ursprünglich orientalischen Ursprunges sind, wollen die Entstehung der Materie aus allmähligen Gradationen, welche aus dem Absoluten fliessen sollen, begreifen. Der letzte und niedrigste Grad soll die Materie sein, die durch unendliche Abstufungen von dem absoluten Sein am meisten entfernt und dem Nichts am nächsten ist. Für uns kommen diese Emanationstheorien nur in einer Form in Betracht, sofern man nämlich versucht hat, die Entstehung der Materie aus einer ihrer Existenzformen. z. B. den gasförmigen Zuständen oder jenen Nebelmassen, welche astronomisch beobachtet sein sollen und woraus man gleichsam handgreiflich die Entstehung der Materie meinte nachweisen zu können. Offenbar kann man solche Vorstellungen keine Erklärung von der Entstehung der Materie nennen, worin man nur zeigt, wie die Materie aus einer ihrer Existenzformen in eine andere übergeht, denn die erste Existenzform, welche man zum Principe der Deduction macht, enthält die Materie selbst schon als ein Gegebenes. Ausserdem wird die Materie in diesen Ableitungen zu einem blossen Gradzustande von sich selber gemacht, wodurch man zu einem willkürlichen Begriffe von der Materie gelangt, indem man eine ihrer Existenzformen noch nicht als Materie, die andere aber als Materie auffasst. Diese mehr naiven als wissenschaftlichen Erklärungsversuche von der Entstehung der Materie befinden sich auf einem Uebergangszustande zwischen der Annahme, dass die Materie das Gegebene der äusseren Erfahrung ist und dass ihre Entstehung aus etwas Anderem zu erklären sei. Denn theils nehmen sie die Materie als das Gegebene der Erfahrung, theils aber als nicht gegeben. Reflectirt man auf das Princip der Deduction, die erste Existenzform der Materie, so erscheint sie als nicht gegeben; achtet man aber darauf, dass

die Materie auch in ihrer ersten Existenzform doch schon vorhanden ist, so ist sie ein Gegebenes. Solche Beschränkungen, wo man nur die starre und feste Materie als Materie, die elastisch flüssige aber als noch nicht Materie ansieht, sind rein willkürliche Begriffsbestimmungen, da der Umfang des Begriffes der Materie so weit ist, als die sinnlichen Wahrnehmungen reichen, denn der Gegenstand der Wahrnehmung der fünf Sinne ist die Materie.

Mehr wissenschaftliche Bedeutung haben die Erklärungsversuche des Systemes der Evolution, wie es in SCHELLING's Naturphilosophie enthalten ist. SCHELLING hat sich in seiner Naturphilosophie die Aufgabe gestellt, die Entstehung der Materie aus Begriffen *a priori* zu construiren. Seine Naturphilosophie endet da, wo die des Realismus beginnt, mit der Erfahrung. Er nimmt die Materie und das gesammte Gebiet ihrer Erscheinungen nicht als gegebene Thatsache, woraus die Begriffe der Natur sich gründen, sondern er will das Gegebene der Empirie selbst aus Begriffen construiren. Ueber die Natur philosophiren, sagt SCHELLING, heisst so viel, als die Natur schaffen. Diese s. g. Schöpfung der Natur durch die Speculation ist aber von der Annahme einer Schöpfung das gerade Gegentheil, da sie die Materie nicht als gegeben und selbst als ein Realprincip des Erkennens auffasst, sondern als ein blosses stets verschwindendes Product aus einer unendlichen Thätigkeit construiren will. Diese Construction beruht bei SCHELLING auf folgenden Momenten. Als Princip der Deduction nimmt SCHELLING an eine unendliche Thätigkeit, die freilich durch keine Analyse der Erfahrung gefunden werden, aber doch in der Natur vorausgesetzt werden müsse. Sie sei das erste Postulat aller Naturphilosophie. Eine unendliche Thätigkeit, wird also angenommen, liege allen Erscheinungen der Natur zu Grunde. Die Natur als Grund aller Erscheinungen sei absolut productiv. An sich kann die unendliche Productivität sich auch nur in einem unendlichen Producte darstellen. Dasselbe ist aber gleichfalls in der Natur nirgends vorhanden. Das unendliche Product bezeichnet nur das ideale Ziel der unendlichen Thätigkeit der Natur. Die Deduction hat also nicht blos eine, sondern zwei Forderungen. Sie postulirt als Bedingung aller Natur eine unendliche Thätigkeit und ein ihr entsprechendes vollkommnes Product. Die Deduction wird nun nicht blos aus dem einen, sondern aus beiden Postulaten geführt. Dazu tritt nun aber noch ein drittes, nämlich die Erfahrung, welche uns zeigt, dass es empirisch nicht ein unendliches, sondern eine Reihe einzelner und endlicher Producte (materielle Dinge) giebt. Durch die Aufnahme dieser Thatsache ist im Grunde schon die Construction der Materie unterbrochen. Die Enstehung der Materie aus der unendlichen Thätigkeit, welche für sich nur in einem vollkommnen Producte sich darstellen kann, lässt sich nicht nachweisen, ohne empirisch die Materie, die endlichen Productionen in die Deduction aufzunehmen. Sie geht nun aber in folgender Weise fort. Wenn aus der unendlichen Thätigkeit endliche Producte entstehen sollen, muss sie gehemmt und retardirt werden. Ohne dass die unendliche Thätigkeit gehemmt und retardirt wird, gelangt sie zu keinem endlichen Producte. Der Grund dieser Hemmung kann aber nur in ihr selbst liegen, da ausser ihr nichts ist, was sie hemmen kann. Deshalb müsse es in der Natur eine ursprüngliche Dualität ihrer Principien geben, und sei alles in der Natur ein Ergebniss ent-

gegengesetzter Thätigkeiten, der Expansion und Contraction, einer accelerirenden und retardirenden Kraft. Die Materie selbst ist das Product entgegengesetzter Actionen, die den Raum erfüllen. So weit, kann man sagen, folge Schelling in seiner Construction Kant, indem auch nach ihm die Materie den Raum durch entgegengesetzte Actionen, der Expansion und Contraction erfüllt. Indess bleibt doch auch hierin eine Differenz in der Construction Kant's und Schelling's, weil Kant die Materie schon als ein Gegebenes voraussetzt und nur zeigen will, wie dasselbe gedacht werden kann, Schelling aber glaubt die Materie selbst als ein Product aus den entgegengesetzten Thätigkeiten selbst nachgewiesen zu haben. In dem Folgenden aber entfernt sich Schelling noch mehr von Kant, denn er meint, aus zwei einander entgegenwirkenden Thätigkeiten könne, da sie ihre Wirkungen wechselseitig aufheben, nichts entstehen. Die Materie lasse sich daher nicht als ein Product von zwei entgegengesetzten Thätigkeiten, der Expansion und Contraction auffassen. Wenn aus der expandirenden und retardirenden Thätigkeit der Natur die Materie hervorgehen solle, müsse eine dritte Kraft hinzutreten, wodurch erst ein im Raume und der Zeit bestimmtes Product entstehe. Schelling nannte diese dritte Action ursprünglich die Schwere. Die Materie würde daher der Schwere gleich gesetzt. Sie ist wesentlich schwer, da sie ein Product ist entgegengesetzter Thätigkeiten, welche durch eine dritte verbunden sind. Deshalb sah Schelling auch das Gesetz der Triplicität der Actionen als das höchste Gesetz der Natur an, woraus alle endlichen Producte oder materiellen Dinge entstehen. Allein es fragt sich dann doch, woher diese dritte Thätigkeit kommt. Schon die zweite Thätigkeit, die retardirende, contrahirende, folgt nicht aus dem Principe der Deduction, sondern nur aus der Erfahrung, welche uns eine Reihe einzelner Producte, d. h. materieller Dinge zeigt. Aus der Bemerkung, dass zwei einander entgegenwirkende Thätigkeiten gegenseitig ihre Wirkungen zu *0* aufheben, folgt noch nicht die dritte Thätigkeit. Sie folgt nur aus der in der Erfahrung gegebenen Materie. Denkt man mit Schelling eine unendliche Thätigkeit, die sich selbst hemmt, so würde sie, wenn man nur der Consequenz dieses Gedankens nachgeht, dadurch auf sich selbst zurückgelenkt werden; und wir gewinnen nur die Vorstellung von einem geistigen Wesen, welches in immanenter und reflexibler Thätigkeit begriffen ist, nicht aber die Vorstellung von einer Materie. Schelling construirt so wenig wie Kant den Begriff der Materie. Aus ihren Constructionen folgt nur der Begriff eines geistigen Wesens, falls man nichts weiter denkt, als was in den Constructionen selbst gegeben ist. Denn setzt man ein Wesen, das sich unendlich expandirt und dann contrahirt, so hat man eine Thätigkeit, welche erstens immanent und zweitens reflexible ist. Kant's Construction, wie die von Schelling ist nur die Construction eines geistigen Wesens. Schelling giebt daher auch ganz richtig an, die Materie ist der Geist. Freilich setzt er, wozu die Erfahrung, aber nicht die Construction nöthigt, abgesehen vom Bewusstsein. Schelling will nun, freilich aus einem anderen, schon angegebenen Grunde, dass auch eine dritte Thätigkeit hinzutreten müsse, wenn aus der entgegengesetzten Thätigkeit die Materie entstehen soll. Richtig ist diese Forderung Schelling's, aber sie beweist gegen seine

Deduction, denn jene dritte Thätigkeit kann offenbar nur ausser jenen ersten beiden liegen. Sie kommt von Aussen hinzu. Wenn das aber der Fall ist, so setzt SCHELLING's Deduction in der Forderung der dritten Thätigkeit die Materie als ein äusseres Sein voraus. Ausser jenen beiden Thätigkeiten, die für sich nur den Begriff des Geistes geben, muss etwas sein, wenn es Materie geben soll, und dies ist die Materie selbst. Um es anders auszudrücken, so ist eine Construction der Materie aus einer expandirenden und contrahirenden, oder, wie SCHELLING sagt, einer accelerirenden und retardirenden Thätigkeit unmöglich, wenn man nur von der Annahme eines einzigen Wesens ausgeht, da die Möglichkeit der Materie wenigstens eine Zweiheit von Existenzen voraussetzt. Ein einziges Wesen für sich kann überall nicht als Materie, sondern nur als ein Geist vorgestellt werden. Die Forderung einer dritten Thätigkeit bei SCHELLING ist die Forderung einer Zweiheit oder einer Mehrheit von Dingen, unter welcher Voraussetzung überall nur von Materie die Rede sein kann. Gilt aber dies als richtig, so wird die Materie auch selbst schon als das Gegebene der äusseren Erfahrung oder es wird die äussere Erfahrung vorausgesetzt für den Begriff der Materie und ihre Construction ist ohne diese Voraussetzung vergebliche Mühe.

Nach der Evolutionstheorie soll die unendliche Thätigkeit der Natur in der endlosen Reihe ihrer Producte gehemmt und retardirt sein. Alle diese Producte sind aber nur Scheinproducte, welche sich immer wieder in die unendliche Thätigkeit der Natur auflösen, denn nur das unendliche Product, ihr ideales Ziel, würde ihr entsprechen. Dasselbe ist aber nie, sondern wird nur stets in der endlosen Reihe der entstehenden und wieder verschwindenden Producte. Da diese Producte nun aber die Materie sind, so folgt daraus, dass auch die Materie nie ist, sondern nur stets wird, dass sie nur ein Schein und etwas Negatives, nämlich nur der Hemmungszustand der unendlichen Thätigkeit ist. Alles Sein ist in einer Evolutionslehre nur ein verschwindendes Product, ein vorübergehender Hemmungszustand der unendlichen Thätigkeit. Die Evolutionslehre löst die gesammte materielle Natur in ein System von blossen Processen auf, wofür die Materie nur ein Hemmungs- und Durchgangspunkt ist. „Der Begriff des Seins als eines Ursprünglichen soll, nach SCHELLING, aus der Naturphilosophie schlechthin eliminirt werden.“ Sie kennt kein absolutes Sein, sondern nur ein unendliches Werden. Das Sein ist nicht das Erste, sondern das Secundäre, das Sein liegt nicht dem Werden, Geschehen und Thun zu Grunde, sondern soll als Product nur daraus hervorgehen. Nichts ist, sondern Alles wird. Aus diesen Grundsätzen ist es allerdings eine richtige Folgerung, dass auch die Materie blos ein Product, nur ein Schein, nur eine Negation ist. Allein es fragt sich denn doch, ob auch diese Grundsätze richtig sind. Lässt sich wirklich die natürliche Ordnung der Begriffe so umkehren, wie die Evolutionslehre es will? Uns erscheint sie mehr eine Phantasie, denn ein Gedankensystem zu sein. Die Evolutionstheorien sind, wie sie auch wohl selbst einräumen, nicht mit dem Verstande, sondern nur mit der Phantasie zu begreifen. Man muss SCHELLING und HEGEL mit der Phantasie folgen, wenn man ihre Lehren vorstellen will. Will man sie aber denkend begreifen, so wird

man genöthigt, ein solches System auf den Kopf zu stellen, damit es mit der natürlichen Ordnung der Begriffe übereinstimmt. SCHELLING hat später selbst das Bedürfniss empfunden, diese blosse Evolutionslehre zu überwinden, woraus die letzte Darstellung seiner Lehre in der negativen und positiven Philosophie hervorgegangen ist. Allein überwunden hat er sie nicht, sondern ist immer wieder darin zurückgefallen. Er will alles Sein als ein blosses Product einer unendlichen Thätigkeit nachweisen, und sieht auch das Absolute als ein Sein an, welches aus einem, ihm freilich immanenten und ewigen Processe evolvirt. Seine ganze Philosophie ist Kosmogonie und Theogonie. Er verlangt wohl in seiner Philosophie, dass am Ende jene grosse Umkehr eintrete, nämlich dass das Sein das Erste und das Werden und die Thätigkeit das Zweite ist, aber diese Umkehr bleibt bei ihm, wie bei HEGEL, eine blosse Forderung am Ende der Philosophie, welche in ihrer ganzen Entfaltung der Evolutionstheorie folgt. Ueberwunden hat die Evolutionstheorie nur ihr Urheber, JOHANN GOTTLIEB FICHTE, der zuletzt erkannte, dass den Evolutionen der Natur und des Geistes zu Grunde liegen müsse ein absolutes, ein gewordenes Sein. Das gilt auch von der Natur. Auch sie muss ein Realprincip, ein Sein haben, das ihren Processen und Bewegungen zu Grunde liegt, die Materie kann nicht blos als ein Product, als ein Hemmungs- und Durchgangspunkt des absoluten Processes gelten. Die Materie ist selbst ein Grund der Veränderungen und Erscheinungen, welche in der Natur wahrgenommen werden. Die Processe, welche in ihr stattfinden, sind an die Constitution und Qualitäten der Stoffe gebunden. Der Aether, woraus das Licht hervorgehen soll, muss eine bestimmte, elastisch flüssige Materie sein. Die Evolutionstheorie ist mit den Naturwissenschaften unverträglich, weil sie die Materie blos als ein Product und nicht als ein Realprincip auffasst. Die Stoffe sind nicht blos beliebige Hemmungs- und Durchgangspunkte der absoluten Processe, sondern üben selbst auf die Hemmung und den Durchgang der Processe eine sie modificirende Kraft aus. Die Materie selbst ist eine Einheit von Sein und Thätigkeit, und alle Thätigkeit ist eine Kraft des Seins und daran gebunden. Wir vermögen die Thätigkeiten nur als Prädikate und das Sein nur als Subject derselben zu denken. Aus den wahrgenommenen Veränderungen der Dinge erkennen wir, was sie sind, ihr Sein aber ist selbst ein Sachgrund ihres Werdens. Das Sein ist die Einheit des Subjects, die Thätigkeiten und Veränderungen sind die Vielheit der Prädikate. Die Umkehr dieser natürlichen Ordnung des Denkens durch die Evolutionslehre ist eine Metaphysik, welche den Weg des Erkennens mit dem Wege der Natur verwechselt. Für uns, aber nicht an sich sind die Veränderungen und Thätigkeiten der Dinge das Erste, woraus sie erkannt werden, ihr Sein aber ist das Erste an sich, das den Veränderungen und Thätigkeiten zu Grunde liegt. Jene Verwechselung und Umkehrung der Evolutionslehre ist die s. g. absolute Identität von Sein und Denken, worin schlechthin der Vorgang des Denkens mit dem Hergange der Sache identisch sein soll. Die SCHELLING'sche und HEGEL'sche Naturphilosophie erscheint so paradox und verwunderlich, weil sie den Process des Erkennens mit der Entstehung der Dinge verwechselt und die natürliche Ordnung des Denkens umkehrt.

Die Evolutionstheorie nimmt eine mittlere Stellung ein zwischen dem Materialismus und dem Idealismus, indem sie die Materie wie den Geist als Producte der unendlichen Thätigkeit auffasst. Das indifferente Medium zwischen beiden ist die unendliche Thätigkeit. Die Materie ist ihr Product, worin sie retardirt, gehemmt und wenigstens scheinbar erloschen ist. Der Geist ist das Product, worin die absolute Thätigkeit ungehindert fortdauert und auf sich selbst zurückgeht. Das Werden dieses (absoluten) Productes ist die organische Natur, worin der Geist allmählig wird. Die organische Natur ist der Uebergang von der Materie zum Geiste. In der That nimmt die Evolutionslehre nur einen Gradunterschied an zwischen der Materie und dem Geiste. Daher stammen auch die idealistischen Erklärungen, welche sie zugleich von der Materie giebt, indem sie sie als einen blinden Geist oder als eine erstarrte Intelligenz definirt. Der Geist wird allmählig in der Reihe der organischen Wesen aus der Materie, d. h. er wird aus demselben, woraus die Materie ein Product ist, aus der unendlichen Thätigkeit als ihr letztes und höchstes Product, worin sie das All im Kleinen wiederholt und auf sich selbst zurückkehrt.

Wir können hiermit auch von der Seite der Auffassung der Materie nicht übereinstimmen, wenn wir selbst davon absehen, dass die Materie nicht als ein blosses Product von Thätigkeiten sich construiren lässt. Die Evolutionslehre denkt das Absolute als eine unendliche, sich in der materiellen und geistigen Welt evolvirende Thätigkeit. Wenn diese das Absolute ist, muss sie sich freilich selbst retardiren und hemmen, um die materielle Welt zu erzeugen, da ausser ihr nichts ist. Indess will sie doch etwas anderes, als sie wenigstens zuerst hervorbringt, denn sie will das absolute Product, den Geist, aus sich erzeugen. Sie kennt also in der That etwas, das höher ist als sie selbst. Dies ist das absolute Product, worin sie ganz und vollständig wirklich sein würde. Die Evolutionslehre hat daher ein doppeltes Absolutes: die unendliche Thätigkeit und das absolute Product. Jene ist das Absolute am Anfange, dieses am Ende. Wenn dieses nun wirklich existirte, so würde die Evolutionslehre ein absolutes Sein als den letzten Grund von allem annehmen müssen, und ihr Absolutes am Anfange, die unendliche Thätigkeit wäre nicht wahrhaft das Absolute. Die Evolutionslehre würde also zu anderen Annahmen gelangen, als wovon sie ausgeht, denn sie müsste nun lehren, allen Evolutionen liegt ein absolutes Sein zu Grunde. Damit würde sie sich aber selbst aufheben und ihren Begriff der Materie, wie des Geistes umändern müssen. Denn liegt allen Evolutionen ein absolutes Sein zu Grunde, welches selbst nur als Subject von Thätigkeiten gedacht werden kann, so müssen auch Geist und Materie ebenso als ein Sein, welches Veränderungen zu Grunde liegt, gedacht werden. Ihre Erkenntniss würde auch nicht mehr zu gewinnen sein aus der Construction von blossen Thätigkeiten, sondern würde die innere und die äussere Erfahrung voraussetzen. Die Materie würde das Gegebene der äusseren, der Geist das Gegebene der inneren Erfahrung sein, zwischen denen kein Gradunterschied ist. Die Materie, der Geist und das Absolute würden also die drei Realprincipien des Erkennens sein, und die Materie selbst müsste als durch Schöpfung entstanden aufgefasst werden. Allein zu dieser Umkehrung am Ende, wodurch

sie sich selbst aufgeben müsste, gelangt die Evolutionslehre deshalb nicht, weil das absolute Product nie ist, sondern stets nur wird, denn die unendliche Thätigkeit würde sich selbst aufheben, wenn das absolute Product je zur Existenz gelangte. Der Götze am Anfange würde zertrümmert werden von dem Gott am Ende, der erst das wahre Absolute ist. Hiermit steht nun ein Punkt in der Auffassung der Materie in Verbindung, den wir noch hervorheben müssen.

Bleibt man bei der Evolutionstheorie stehen, so kann die Materie und überhaupt die materielle Natur auch nur als ein an sich bedeutungsloses Mittel für den endlichen Process aufgefasst werden, womit die äusserliche teleologische Betrachtungsweise der SCHELLING'schen Naturphilosophie in Verbindung steht, die Alles in der Natur nur in Beziehung auf den einen Zweck im Menschen auffasst. Die Materie muss aber gleichsam als ein Zweck an sich aufgefasst werden, wenn sie als durch Schöpfung entstanden angesehen wird, da nichts als ein bedeutungsloses Mittel zum blossen Verschwinden geschaffen sein kann. Wenn die durch Schöpfung entstandene Materie unvergänglich ist, so kann sie auch nicht blos ein bedeutungsloses Mittel sein, sondern muss einen Zweck an sich haben. Die Evolutionstheorie gleicht aber in dieser Beziehung dem einseitigen Idealismus, der in der Materie keine substantielle, sondern nur die Wahrheit eines Phänomens sieht. Auch die Evolutionstheorie untergräbt die Bedeutung der Naturwissenschaften, welche, wie jede andere Wissenschaft, in ihrem Gegenstande eine substantielle Wahrheit voraussetzen.

§. 133. Zur Vertheidigung der dynamischen Naturansicht.

Gegen die Möglichkeit einer dynamischen Naturansicht wird meistens und vorzüglich zweierlei geltend gemacht, dass einerseits eine continuirliche Raumerfüllung überall undenkbar sei, und dass, wenn sie angenommen werde, alles Geschehen unmöglich sei. Was den ersten Punkt betrifft, so ist es allerdings richtig, dass bei der Voraussetzung von Atomen und Monaden eine continuirliche Raumerfüllung wenigstens bei allen wahrnehmbaren Körpern undenkbar ist. Diese Raumerfüllung kann nur discret oder discontinuirlich sein, weil Atome nur zusammen mit leeren Räumen, wodurch sie von einander getrennt und gesondert existiren, einen Körper bilden können. Die Continuität ist undenkbar, weil sie bei der Annahme der Atome im Voraus negirt ist, da Atome nur als eine zusammenhangslose Vielheit des Einfachen gedacht werden können. Die Continuität ist unmöglich nicht principiell, sondern nur als Folge von der Annahme der Atome. Nur wird man doch zugleich wieder gestehen müssen, dass in den Atomen selbst Continuität stattfindet. Was man in den Folgen für undenkbar ausgiebt, denkt man in den Principien, welche man annimmt, stets. Die Continuität ist nun aber in der Natur weit mehr eine Thatsache als die Existenz der Atome. Das Thatsächliche kann man aber nicht um der Hypothese willen leugnen. Die Frage nach der Continuität und Discontinuität wird zuletzt nur durch den Gedanken sich entscheiden lassen, denn die Erfahrung giebt darüber keine Entscheidung, da empirisch nur relative, aber keine absoluten Raumerfüllungen neben dem absolut leeren Raum existiren. Indess es giebt doch Thatsachen in der Natur, welche zur Annahme der Continuität führen. Dahin gehört vor allem

die Thatsache der Bewegung. Denn die Bewegung ist ohne Continuität in der Materie nicht statthaft. Es wird auch wohl Niemand versucht haben, die Bewegung in dem Discontinuum stattfinden zu lassen, das würde eine zu grosse Absurdität sein. Daher lässt auch die Atomistik die Bewegung in dem continuirlichen Raum, nämlich in dem leeren, stattfinden. Hätte die Natur gleichsam nur ein geometrisches Dasein, würde die Annahme der Discontinuität des materiellen Universums vielleicht denkbar sein. Da in ihr aber auch die Thatsache der Bewegung gegeben ist, liegt darin ein Beweisgrund für die Annahme der Continuität der Materie, falls man nicht schon im Voraus durch die Hypothese der Atome darüber entschieden hat. Alle Veränderungen in der Natur sind ein Beweisgrund für die Continuität der Materie, da sie nicht im Discontinuum stattfinden kann. Die Thatsachen der Natur sprechen überall für die Continuität in der materiellen Natur, nur die Hypothese der Atome redet dagegen.

Bei der Annahme einer continuirlichen Raumerfüllung, sagt man ferner, kann in der Natur kein Geschehen stattfinden. Freilich kann kein Geschehen stattfinden, wenn die Räume so erfüllt sind, wie Atome ihren Raum erfüllen, denn Atome erfüllen ihren Raum ein für allemal absolut, unveränderlich. Ist das der Fall, dann würde allerdings für das Geschehen kein Platz mehr sein, und wenn es dennoch wenigstens scheinbar stattfinden soll, kann es nur im leeren Raum sein. Wir haben nun aber schon früher gezeigt, dass bei der Annahme der Atome gar kein Geschehen objective stattfinden kann. Alles Geschehen ist bei der Hypothese der Atome nur ein subjectives in unserem Anschauen und Denken und objectiv ein Schein. Atome und aus Atomen zusammengesetzte Körper können nur im Zustande der Ruhe verharren, sie können nicht einmal durch einen Stoss in Bewegung kommen. Es scheint uns daher, dass dieser Grund gegen eine dynamische Naturansicht nicht gut von Seiten der Atomistik geltend gemacht werden kann. Sie thäte besser, das Argument, statt es gegen eine dynamische Naturansicht zu richten, bei sich selbst zu erwägen und erst einmal nachzuweisen, wie ein objectives Geschehen bei der Hypothese der Atome stattfinden kann.

Ausserdem wird dieses Argument nur so in Bausch und Bogen gegen eine Ansicht geltend gemacht, der man den Namen dynamische Naturansicht leiht, worunter man Alles in ein Fach zusammenwerfend, zugleich den Idealismus, den Cartesianismus und die dynamische Naturansicht selbst in seltsamer Verwirrung begreift. Man kann einräumen, dass dieses Argument, wie es gegen die Atomistik gilt, auch Beweiskraft hat gegen den Cartesianismus, der bekanntlich keine dynamische Naturansicht ist. Denn consequent verfliesst in dieser Auffassungsweise das gesammte materielle Universum in Eine continuirliche Masse. Dabei mochte es nun allerdings schwer sein, nachzuweisen, wenn ein Geschehen in der Einen continuirlichen Masse stattfinden kann; indess doch nicht gerade deshalb, weil die Materie continuirlich ausgedehnt gedacht wird, sondern weil alle reale Vielheit des Seienden negirt wird, denn ohne eine Vielheit von Dingen oder Substanzen kann es kein Geschehen geben. Dass nun aber die dynamische Naturansicht selbst jede Vielheit negirt, ist bisher weder geschichtlich, noch sachlich nachgewiesen. Die Behauptung ist bisher ohne alle Begründung nur

der dynamischen Naturansicht entgegengestellt. Geschichtlich, der thatsächlich überlieferten Lehre von KANT und SCHELLING gegenüber, ist diese Behauptung aber nicht begründet. Denn was zuerst SCHELLING betrifft, so hat er im Gegentheil jene allgemeine Continuität, die jedes Geschehen unmöglich machen soll, bestritten. „Wäre nun", heisst es Seite 27 in dem ersten Entwurf eines Systemes der Naturphilosophie, der einzigen ausführlichen und vollständigen Schrift SCHELLING's über Naturphilosophie, „in der Natur nichts, was dem fluidisirenden Principe das Gleichgewicht hielte, so würde die ganze Natur in eine allgemeine Continuität sich auflösen. Dieser Verallgemeinerung aber widerstrebt die Individualität der ursprünglichen Actionen." SCHELLING hat also die materielle Natur nicht als in Eine continuirliche Masse aufgelöst angenommen. Dasselbe gilt von KANT wenigstens insofern, als in seiner Philosophie überall die Annahme einer Vielheit von Dingen vorausgesetzt ist. Die Behauptung, dass nach der dynamischen Naturphilosophie alles in Eine continuirliche Masse verfliesse und daher kein Geschehen möglich sei, würde also nur gültig sein, wenn sich diese Eine continuirliche Masse als nothwendige Folgerung nachweisen liesse. Aber auch das ist weder bei SCHELLING, noch bei KANT der Fall. KANT's Construction der Materie beruht auf der Annahme von zwei bewegenden Kräften der Expansion und Contraction. Schon hierin liegt die Möglichkeit einer differenten Raumerfüllung, denn da man von der Annahme von zwei Kräften zur Raumerfüllung ausgeht, ist es ausserdem möglich, diese selbst in einem verschiedenen Verhältnisse zu einander gestellt zu denken, woraus auch Differenzen der Raumerfüllung sich ergeben. Eine gleiche continuirliche Masse kann die Materie nur bilden, wenn sie entweder überall ohne constitutive Kräfte gedacht wird, oder wenn nur Eine gleichartige Kraft in dem Ganzen wäre. Wenn aber zwei Grundkräfte angenommen werden, so ist die Folgerung, dass die dynamische Naturansicht alles in eine gleiche continuirliche Masse auflöse, nicht begründet. Auch aus den Principien, von denen SCHELLING ausgeht, ergiebt sich diese vermeintliche Folgerung nicht. Dies beweist schon die oben angegebene Stelle aus seinem Systeme der Naturphilosophie, worin er sie ausdrücklich bestreitet. Die Folgerung ist um so weniger in SCHELLING's Naturphilosophie gegeben, als er aus drei Actionen die Materie construirt und diese selbst als individuell und als Qualitäten ansieht, weshalb auch SCHELLING ursprünglich eine dynamische Atomistik zu geben versuchte. „Es ist", sagt SCHELLING, „in der That wahrer Unsinn, die unendliche Mannigfaltigkeit der Materien in der Welt durch verschiedene Grade Einer und derselben — einfachen — Action erklären zu wollen." Der Einen continuirlichen Masse steht entgegen die Individualität der Actionen, woraus die Materie construirt wird. Da er nun drei Actionen als zur Construction der Materie nothwendig annimmt, so ergiebt sich daraus um so mehr die Möglichkeit einer differenten Raumerfüllung. SCHELLING hat ausserdem aus der Triplicität der Actionen die Mannigfaltigkeit der materiellen Natur abzuleiten versucht. Wie man nun aber auch über die Ergebnisse dieser Deduction urtheilen mag, so viel ist doch gewiss, dass dieses Argument gegen die dynamische Naturansicht keine Gültigkeit hat. Es ist gegen eine dynamische Naturansicht gerichtet, welche man sich selbst zurecht gemacht hat, um sie um so

leichter widerlegen zu können. Wenn aber nach der dynamischen Naturansicht die Annahme differenter Raumerfüllungen statthaft ist, so ist auch ein Geschehen in der Natur denkbar. Bisher aber ist von Seiten der Atomistik noch nicht nachgewiesen, dass nach der Annahme ihrer Principe ein objectives Geschehen in der Natur stattfinden kann, vielmehr folgt daraus, dass alles Geschehen nur für den Zuschauer, objectiv aber nicht stattfindet. Diese Argumente gegen die dynamische Naturansicht sind daher nicht wohl bedacht, da sie Beweisgründe gegen die Hypothese der Atome enthalten.

Es steht hiermit nun noch ein anderer Punkt in Verbindung, nämlich die Ableitung der qualitativen Verschiedenheiten der Materie aus dem dynamischen Begriffe der Materie. Die Unmöglichkeit einer solchen Deduction lässt sich geradezu nicht behaupten, vielmehr liegt, wie wir gezeigt haben, in den Principien der dynamischen Naturansicht die Möglichkeit einer solchen Deduction. Allein, gesetzt auch, eine solche Deduction sei nicht erreichbar, so liegt der Grund davon vielleicht in etwas ganz anderem als in den Principien einer dynamischen Naturansicht. Zuerst fragt es sich, ob eine solche Deduction denn von Seite der Atomenlehre geleistet und ob in ihren Annahmen die Möglichkeit einer solchen Deduction denn enthalten sei. Uns scheint beides nicht der Fall zu sein. Denn weder der quantitative, noch der qualitative Atomismus hat je eine solche Deduction gegeben, noch liegt in seinen Principien die Möglichkeit derselben. Denn die Atomenlehre anticipirt nur in ihren Annahmen eine solche Deduction, da sie in den Atomen selbst schon die Verschiedenheiten voraussetzt, welche durch eine solche Deduction erst gewonnen werden sollen. Denn nimmt sie nur quantitativ verschiedene Atome an, so setzt sie auch schon eine Mannigfaltigkeit verschiedener Gestalten principiell voraus und sieht die ausserdem wahrnehmbaren qualitativen Verschiedenheiten der Materie nur als einen Schein an. Wenn sie aber qualitativ verschiedene Atome annimmt, so ist eine Deduction der qualitativen Verschiedenheiten der Materie vor ihrer Leistung schon geschehen. In der Atomenlehre liegen also noch weniger die Bedingungen für eine solche Deduction als in der Dynamistik. Allerdings scheint die Atomenlehre ausserdem noch ein Mittel zu haben für die Lösung dieser Aufgabe. Dasselbe besteht in der Möglichkeit, die Atome verschieden mit einander zu combiniren, woraus secundäre Verschiedenheiten der Materie sich begreiflich machen lassen. Allein dies Mittel gehört der Atomistik nicht ausschliesslich an, auch die dynamische Naturphilosophie kann dasselbe anwenden, indem sie die bewegenden Kräfte der Materie in einem verschiedenen Verhältnisse zu einander stehend sich vorstellt. Man kann ebenso gut bewegende Kräfte wie Atome mit einander in verschiedenen Combinationen denken. Aber auch in dieser Beziehung hat die dynamische Naturphilosophie einen Vorzug vor der atomistischen. Denn für die verschiedenen Gruppirungen liegt in den Atomen selbst kein Grund, da den Atomen, die schlechthin discontinuirlich existiren, alle Gruppirungen zufällig sind. Dem seiner Natur nach zusammenhangslos Existirenden sind alle Combinationen zufällig. Wenn sie aber einen Grund haben, so liegt derselbe in den bewegenden Kräften der Materie, welche nach der dynamischen Ansicht ihr Wesen ausmachen. Sie hat also auch in dieser Hinsicht Vorzüge vor der Ato-

mistik, indem in ihren Principien wenigstens die Bedingungen für eine solche Deduction liegen, was in der Atomenlehre nicht der Fall ist. Diese Deduction hat aber ausserdem logische Bedingungen, welche keine Metaphysik, welcher Art sie auch sei, überspringen kann, denn es ist überall keine Deduction, wie aus der Methodenlehre erhellt, möglich, ohne die Erfahrung zu Hülfe zu nehmen, da die Eintheilung des allgemeinen Begriffes, wodurch die Deduction geschieht, nicht ohne Rücksicht auf das Empirische, was in seinem Umfange gedacht wird, vollzogen werden kann. Dies gilt namentlich auch gegen Schelling's Naturphilosophie, welche sich nicht darauf beschränken wollte, die Philosophie der Naturwissenschaften zu sein, sondern die zugleich die Erfahrungswissenschaften ersetzen sollte, da er die Empirie, ohne sie selbst zu Grunde zu legen, *a priori* construiren wollte. Darin besteht ein methodischer und logischer Fehler der Schelling'schen Naturphilosophie, den man aber nicht berechtigt ist, auf die dynamische Naturansicht selbst zu übertragen.

§. 134. Der negative Begriff der Materie des Hylozoismus und des Vitalismus. Der positive Begriff der Materie als Subject bewegender Kräfte, und die Realität der Kräfte.

In der Natur wird die Materie, wenn wir von ihrer symbolischen Auffassung absehen, welche der Psychologie angehört, in zwei verschiedenen Zuständen wahrgenommen, denn sie ist entweder belebt oder unbelebt, organisch oder unorganisch. An der Materie erscheint aber die Belebung und Beseelung als etwas Zufälliges, das von besonderen Umständen abhängt, da sie bald belebt und organisch, bald aber unbelebt und unorganisch sich darstellt. Wie man auch über die Entstehung der Organisation und des Lebens denken und worin man auch ihr Wesen setzen mag, die Thatsache selbst, dass diese Zustände an ihr wechseln, ist unbestreitbar. Da nun das Leben an der Materie wechselt, so wird die Materie selbst als todt, leblos, unorganisch angesehen. Hiermit gewinnt man nun aber von der Materie keinen positiven, sondern nur einen negativen Begriff, da durch jene negativen Prädikate von der Materie nur etwas ausgeschlossen wird, womit aber nicht bestimmt wird, was die Materie ist. Die unorganische, leblose, todte Materie steht nicht als ein Positives der lebendigen, organischen, beseelten gegenüber. Man kann aus dieser negativen Vergleichung daher auch nichts über das Wesen der Materie folgern. Man ersieht aus diesem negativen Begriffe von der Materie nur, dass der ursprüngliche Weg des Erkennens ein anderer ist, als der, auf dem die Naturwissenschaften, indem sie von der Erforschung der unorganischen Materie ausgehen, gegenwärtig fortschreiten. Denn der erste Begriff von der Materie ist ein negativer, der aus einer Vergleichung mit dem lebendigen und beseelten Wesen entnommen ist. Zu einem positiven Begriffe von der Materie ist die Naturwissenschaft erst später gelangt, da sie den Weg der blossen Analogie verliess und den der Induction betrat und aus den beobachteten Erscheinungen der unorganischen Materie selbst ihren Begriff zu bestimmen versuchte.

Um den positiven Begriff der Materie zu finden, nützt es nichts, wenn man dennoch den Weg der Vergleichung wieder betritt und wie der Hylozoismus

und der Vitalismus die Materie den Stoff des Lebens, den Träger der Beseelung nennt. Wenn man hierin das Wesen der Materie findet, so sind solche Erklärungen mit sich selbst im Widerspruch, da, wenn die Materie ihrem Wesen nach der Stoff und Träger des Lebens und der Beseelung sein soll, diese nicht an der Materie würden wechseln können, sondern in allen Zuständen bleiben müssten. Denn was einer Sache wesentlich ist, ist auch bleibend an ihr. Es würde nun keine andere, als eine lebendige und beseelte Materie geben können, und auch die unorganische Materie, welche diese Zustände gerade nicht zeigt, müsste sie doch besitzen. Der Hylozoismus und Vitalismus suchen ihre Behauptung, dass alle Materie lebendig und sie wesentlich der Stoff des Lebens sei, durch die Unterscheidung eines latenten und offenbaren Lebens mit den Thatsachen der Natur in Uebereinstimmung zu bringen. In der unorganischen Materie sei das Leben im latenten, in der organischen aber im offenbaren Zustande vorhanden. Das latente Leben ist gleich der Leblosigkeit der unorganischen Materie. Das offenbare Leben aber wechselt an der Materie. Die Materie befindet sich also nach dieser Vorstellungsweise bald in dem einen, bald in dem anderen Zustand des Lebens. Das Leben selbst wechselt nicht an ihr, aber die Zustände des verborgenen und latenten Lebens wechseln an ihr. Scheinbar gelangt man hier zu einem positiven Begriff der unorganischen Materie, indem man sie als latent lebendig auffasst. Die an der Materie negirten Prädikate des Lebens und der Organisation schreibt man ihr als in ihr verborgen liegend wieder zu, womit aber im Grunde nichts weiter gesagt wird, als dass die Materie die Möglichkeit in sich trägt, auch in dem positiven Zustande der Organisation und des Lebens zu existiren. Man gewinnt damit aber doch keinen positiven Begriff von der unorganischen Materie. Man bestimmt ihn nur in Vergleichung mit dem Begriff der organischen Materie. Das verborgene Leben ist auch kein wirkliches, sondern nur ein potentielles Leben, wodurch nicht bestimmt wird, was die unorganische Materie wirklich ist. Zu dem positiven Begriff gelangt man nicht durch die Vergleichung, sondern nur auf dem Wege der Induction. Da das Leben oder doch das offenbare Leben an der Materie wechselt, so kann ihr Wesen selbst darin nicht liegen, dass sie die Möglichkeit besitzt, diese Zustände anzunehmen.

In Beziehung auf die Materie selbst bleibt das an ihr wachsende Leben und die an ihr wechselnde Beseelung etwas Transscendentes. Nichts gebietet aber das Transscendente als ein absolut Fernes sich vorzustellen. Wenn Leben und Beseelung in Beziehung auf die Materie etwas Transscendentes sind, so folgt daraus nicht, dass beide in absoluter Entfernung von einander sich befinden, vielmehr können sie nichts desto weniger in der Nähe beieinander sein, wie es die Erfahrung zeigt. Die Vorstellungen über den Wechsel des Lebens an der Materie und die Bedingungen derselben können sehr verschieden sein. Man kann annehmen, dass es besondere Lebens- und Seelenkräfte giebt, welche unter gewissen Bedingungen zur Materie hinzutreten, oder dass eine bestimmte Ordnung und Verbindung der Stoffe der Grund davon ist, oder dass die Seele und das Leben eine andere Erscheinungsform der Substanzen ist, wovon die Materie eine andere ist. Welche dieser Vorstellungsarten man aber auch an-

nehmen mag, stets ist doch das Leben und die Beseelung etwas Transscendentes in Beziehung auf die Materie. Denn in dem letzteren Fall liegt das Leben und die Beseelung auf der anderen entgegengesetzten Seite von der der Materie, in dem mittleren Fall setzen sie eine Ordnung und Verbindungsform der Stoffe voraus, wie sie nur durch die Zeugung entsteht und ausserdem nicht vorhanden ist, und in dem ersteren Fall müssen zur Materie noch ausserdem Lebens- und Seelenkräfte hinzukommen. Immanent können sie in der Materie nur gedacht werden vom Standpunkte des Hylozoismus und Vitalismus aus. Von diesem Standpunkte aus gewinnt man aber von der unorganischen Materie nur einen negativen und analogen Begriff, womit man in den mechanischen Naturwissenschaften aber nicht operiren kann, denn ein negativer und blos analoger Begriff constituirt keine Wissenschaft. Es ist hier nicht der Ort, eine Auswahl von jenen drei Vorstellungsarten über die Verbindung des Lebens mit der Materie zu treffen. Welche Annahme man auch auswählen mag in Beziehung auf die Materie, wenn es von ihr einen positiven Begriff geben soll, ist das Leben und die Beseelung etwas Transscendentes.

Das positive Wesen der Materie liegt nicht in ihren negativen Prädikaten, weshalb sie unorganisch, todt, leblos genannt wird, sondern in den ihr immanenten Kräften der Bewegung, womit die Physik und die Chemie sich beschäftigen, der Schwere, der Wärme, des Lichts, der Elektricität, der chemischen Verwandtschaft. Diese Bewegungskräfte sind an die Stelle jener negativen Prädikate getreten, worin man zuerst das Wesen der Materie auffasste. Sie sind der Materie immanent und können nicht von ihr getrennt werden. Sie finden sich in dem kleinsten, wie in dem grössten Theile der Materie. Die Materie ist daher eine Einheit bewegender Kräfte, die nicht an ihr wechseln wie die Organisation, das Leben und die Beseelung. Diese Kräfte bilden ihre beharrende und bleibende Einheit. Diese bewegenden Kräfte machen das Wesen oder die Substanz der Materie aus, da sie mit ihrem Dasein gegeben sind und, wenn auch an ihr unterschieden, doch nicht von ihr getrennt werden können. Die Trennung der Materie von ihren bewegenden Kräften ist eine falsche Abstraction, wodurch der Begriff der Materie, wie der der bewegenden Kräfte unhaltbar wird. Die Materie, welche nicht das Subject der bewegenden Kräfte, und die bewegenden Kräfte, welche nicht nothwendige Attribute der Materie sind, sind beide undenkbar. Es ist schon früher gezeigt, dass man zuletzt auf allen Standpunkten dahin gelangt, die Materie als Subject und Einheit bewegender Kräfte anzunehmen, womit auch allein die Erfahrung übereinstimmt, welche zeigt, dass die bewegenden Kräfte mit dem Dasein der Materie gegeben sind und von ihr nicht getrennt werden können.

Es ist möglich, dass die bis jetzt bekannten immanenten bewegenden Kräfte der Materie ihr nur auf Grund der Erfahrung zukommen, sodass nur die Erfahrung uns lehrt, dass alle Materie schwer ist, chemische Anziehung ausübt, aneinander adhärirt, elektrische Anziehung und Abstossung ausübt, sich durch die Wärme ausdehnt und bei ihrem Mangel contrahirt, das Licht bricht, oder reflectirt, oder polarisirt u. s. w. Wenn nun diese bewegenden Kräfte an der Materie nur empirisch wahrnehmbar sind, so würde daraus jedoch

nicht folgen, dass sie an sich ohne bewegende Kräfte existirte, sondern es würde daraus nur folgen, dass die empirisch wahrnehmbaren bewegenden Kräfte als Folgen von anderen angesehen werden können, worauf sie sich reduciren lassen. Wenn die durch die Erfahrung bekannten bewegenden Kräfte der Materie auf höhere Gründe zurückgeführt werden können, so müssen die Kräfte auch eine Einheit bilden und als Modificationen derselben sich betrachten lassen, so dass sie für einander substituirt und in einander umgesetzt werden können. Sollen sie aber sich vertreten und selbst in einander umgesetzt werden können, so setzt dies bewegende Kräfte höherer Ordnungen voraus, deren Modificationen sie sind. Denn bewegende Kräfte können nur auf bewegende Kräfte, welche der Materie immanent und wesentlich sind, reducirt werden. Ihre Reduction führt nur zur Annahme der Einheit, der Gleichartigkeit und des Zusammenhanges der bewegenden Kräfte der Materie und auf nichts anderes. Die Theorie der Aequivalente gehört also der dynamischen Naturphilosophie an. Diese Reduction ist aber nicht *a priori*, sondern nur mit der Hülfe der Erfahrung zu gewinnen. Ob alle empirisch bekannten Kräfte der Materie sich auf eine höhere Einheit reduciren lassen, oder ob, wie z. B. bei der Schwere, dies nicht möglich ist, wird schwerlich die Philosophie entscheiden können. Es kann auch die Schwere noch höhere Gründe haben, wovon sie eine Folge ist.

Schelling und Hegel sehen die Schwere als die Substanz der Materie an. Alle Materie sei wesentlich schwer und die Schwere mache das Wesen der Materie aus. Ein materielles und ein schweres Ding sei dasselbe. Denn die Materie habe ihr Centrum nothwendig ausser sich, wohin sie gravitirt. In Uebereinstimmung mit ihrer allgemeinen Auffassung sehen sie die Materie als ein an sich centrumloses Ding an. Auf der Schwere beruht allerdings die Einheit des materiellen Universums, da es durch sie ein Ganzes in sich ist. Cartesius meinte, die materielle Welt sei ein Ganzes durch ihr Attribut der Ausdehnung, was aber nur eine unbewegliche geometrische Einheit giebt. Richtiger ist es, diese Einheit in der bewegenden Kraft der Schwere anzunehmen. Die Einheit der Ausdehnung, wenn sie als das constitutive und nicht blos als das consecutive Wesen der Materie gilt, verwickelt überdies in unlösliche Probleme in Beziehung auf die Grenzen der Ausdehnung, welche von selbst wegfallen, wenn die Einheit des materiellen Universums in der bewegenden Kraft der Schwere liegt. Dass diese nun aber die Substanz der Materie ausmache, wie Schelling und Hegel wollen, folgt doch nicht aus der allgemein verbreiteten Thatsache, dass alle Materie schwer ist und deshalb nach einem Centrum ausser sich gravitirt. Dann wäre die Materie nur ein centrumloses Ding. Jede Materie hat aber nicht blos ein Centrum ausser sich, sondern auch ein *centrum cohaerentiae* in sich. Das Centrum *cohaerentiae* ist ihr wenigstens ebenso wesentlich, als das *centrum gravitationis*. Ein und dasselbe ist aber beides nicht, denn die Cohäsion ist keine Function der Schwere, da alle Materie gleich schwer, ihre Cohäsion aber eine verschiedene ist. Wäre die Schwere wirklich, wie Schelling und Hegel angeben, die Substanz der Materie, so würde es gar keine differenten Materien geben können, was sie doch selbst nicht geradezu verneinen.

Nach KANT macht die Schwere nicht allein das Wesen der Materie aus, aber sie soll eine ihrer constitutiven Kräfte neben der Ausdehnung sein. Alle Körper sind wesentlich ausgedehnt und schwer, beide Momente zusammen constituiren nach KANT ihren Begriff. Wäre die Materie nur schwer und nicht ausgedehnt, würde alle Materie in den ausdehnungslosen Schwerpunkt verschwinden und alle Räume würden entleert werden. Zur Schwere muss daher die Ausdehnung hinzutreten, wenn Materie möglich sein soll. Wäre die Materie aber nur ausgedehnt und nicht schwer, würde umgekehrt alle Materie in die Peripherie verfliegen und gleichfalls alle Räume sich entleeren. Zur Ausdehnung muss daher umgekehrt die Schwere hinzutreten, wenn sie Materie sein soll. Die Aufhebung des einen Momentes, der Schwere oder der Ausdehnung, hebt auch die Materie auf, nur verbunden ergeben sie ihren Begriff. Auf diesen negativen Beweisgründen stützt sich vorzüglich KANT's Construction der Materie.

KANT's Begriff von der Materie kann man ansehen als eine Verbindung der Cartesianischen Auffassung, wonach die Ausdehnung das Wesen der Materie bildet, und NEWTON's Annahme, dass alle Materie schwer ist und nach einem Mittelpunkt gravitirt. In der Ausdehnung liegt an sich aber weder Abstossung noch Expansionskraft, und ebenso liegt in der Schwere weder Cohäsion, noch Contractilität. Sie folgen nicht aus den allgemeinen Thatsachen der Ausdehnung und der Schwere. Die Ausdehnung ist nur ein Zustand, aber keine Abstossung und keine Expansivkraft. Die Schwere ist überdies nur ein Streben der Aggregation um einen Mittelpunkt, aber keine Cohäsion und Contractilität. Es müssen andere Thatsachen zur Hülfe genommen werden, wenn aus der Ausdehnung Abstossung und Expansivkraft und wenn aus der Schwere Cohäsion und Contractilität sich ergeben sollen. Diese aber sind für den Begriff der Materie nothwendiger als die Ausdehnung und die Schwere. Der Anfang einer solchen Herleitung findet sich nun auch bei KANT, aber seine Begriffserklärung gründet sich doch vorzüglich auf den indirecten Beweisen, die aus der Verneinung des Momentes der Ausdehnung oder der Schwere sich ergeben. Indem er beide Momente im Begriffe der Materie zusammenfasst, liegt sein Begriff gleichsam auf dem Uebergange von CARTESIUS, der nur die Ausdehnung als constitutives Attribut der Materie ansieht, zu SCHELLING's und HEGEL's Auffassung, wonach die Schwere das Wesen der Materie bilden soll. Weder eins dieser Momente, noch beide zusammen ergeben aber den allgemeinen Begriff der Materie, da die Ausdehnung nur ein secundäres Wesen der Materie, die Schwere aber nur eine besondere bewegende Kraft derselben ist, welche man nicht ohne weiteres als ihr Wesen constituirend betrachten kann. Eine allgemein verbreitete Thatsache ist kein allgemein gültiger Begriff.

Die Schwere ist selbst nur eine der immanenten bewegenden Kräfte der Materie, welche allein ihren Begriff nicht bilden kann. Dieser kann sich nur gründen auf den allgemeinen Bedingungen und Voraussetzungen, welche allen bewegenden Kräften der Materie gemeinschaftlich sind. Die bewegenden Kräfte der Materie bewirken nun aber entweder Ortsveränderungen durch Anziehung und Abstossung, oder Veränderungen im Orte durch Undulationen, oder Veränderungen der Gestalt durch Expansion und Contraction, oder Veränderungen

der Beschaffenheiten der Materie durch chemische Scheidungen und Mischungen und andere physikalische Processe. Alle diese Veränderungen haben ins Gesammt zwei Bedingungen, denn theils setzen sie eine Vielheit von Elementen oder von Dingen, theils aber eine äussere Ursache ihrer Entstehung voraus. Beide Bedingungen gehören aber zusammen, indem die eine die andere involvirt. Aeussere Ursachen der Veränderungen setzen eine Vielheit von Dingen voraus, und eine Vielheit von Dingen, wenn sie in einem realen und wirksamen Zusammenhang miteinander stehen, müssen als äussere Ursachen der Veränderungen gedacht werden. In dem Begriffe der Materie wird die Einheit dieser beiden Momente gedacht. Denn theils denken wir eine Vielheit von Elementen, theils aber auch eine äussere Causalität, wenn Materie gedacht wird. Nur beide Momente zusammen bilden den Begriff der Materie. Die Atomistik hebt einseitig das Moment der Vielheit hervor und negirt das der äusseren Causalität, da sie theils alle Continuität in der Materie aufhebt, theils die Atome selbst unveränderlich und unbeweglich sind. Alle physische Materie muss aber als beweglich angenommen werden, weshalb die Vielheit der Elemente causal und nicht atomistisch zu denken ist. Auf der anderen Seite hebt die Evolutionstheorie das Moment der Causalität einseitig hervor, da sie Ursachen ohne Substanzen, reine Thätigkeiten ohne ein Seiendes annimmt, woraus die Materie nur als ein Product hervorgehen soll. Ohne Substanzen aber giebt es keine Ursachen und ohne eine Vielheit von Substanzen keine Materie. Nur beide Momente zusammen bilden den Begriff der physischen Materie, wie aus dem Folgenden sich weiter ergeben wird.

Die Materie heisst träge, weil sie nur durch äussere Ursachen veränderlich ist. An sich ist der Begriff der Trägheit nur auf die Materie analogisch übertragen, denn träge ist ein geistiges Wesen, welches nicht will, obgleich es wollen kann. In diesem Sinne ist die Materie nicht träge, da ihr das Vermögen des Willens überhaupt fehlt. Die Trägheit als Prädikat der Materie bezeichnet nur die Willenlosigkeit der Materie. Der positive Begriff der Trägheit der Materie ist der der äusseren Causalität. Durch eine äussere Ursache ist die Materie veränderlich.

Anders fasst Schelling [1] den Begriff der trägen Materie. Er unterscheidet die metaphysische und die physische Materie. Die physische Materie soll aus einem Processe hervorgegangen sein. Denn ursprünglich sei das Universum in einer gleichmässigen Bewegung nach seinem absoluten Ziele begriffen gewesen, worin alle Potenzen des Seienden, wovon eine die metaphysische Materie ist, ihrem Zwecke entsprechend sich entwickelte. In dieser Bewegung sei aber eine Störung eingetreten, wodurch alle Dinge ihr Ziel verfehlten und in dem ganzen Processe des Alls eine rückgängige Bewegung eintrat. Aus diesem rückgängigen Processe soll die physische Materie entstanden sein, die nicht mehr wie die metaphysische mit dem Verstande begriffen, sondern nur mit den Sinnen empfunden werden kann. Die physische Materie sei *vis inertiae*, „denn wie sollte sich", sagt Schelling, „der Unmuth über das nicht erreichte Ziel anders aus-

[1] Sämmtliche Werke. Die negative oder rein rationale Philosophie. S. 422 u. f.

sprechen, als durch Unlust und Verdrossenheit, ja durch Widerstreben gegen jede Bewegung". Materiell sei alles nur als ein Stehengebliebenes, Stockendes, von dem Ziele, wohin sich ursprünglich Alles bewegte, Abgehaltenes. Die Trägheit jedoch, welche Schelling hier beschreibt, ist nicht die der Materie, sondern die des Geistes, welcher nicht will, obgleich er wollen kann. Er ist verdrossen, unlustig, unmuthig, wenn er, in der Bewegung nach seinem Ziele begriffen, zurückgeworfen wird. Die Trägheit der Materie aber ist anderer Art, sie äussert nicht mehr Widerstreben gegen die Bewegung als gegen die Ruhe, weil sie überall nur durch eine äussere Ursache veränderlich ist.

Wir erlauben uns hierbei noch eine Bemerkung über Schelling's Philosophie anzuschliessen. Auch in ihrer letzten Gestalt, woher die eben angeführten Sätze Schelling's entnommen sind, sucht sie Alles idealistisch und durch Evolutionen zu erklären. Ueber die idealistische Evolutionstheorie ist Schelling nie hinausgekommen. Auch der oben angegebene Begriff der Materie ist kein anderer als der, den wir früher dargestellt haben. Die Materie, lehrt Schelling, ist ein Product der unendlichen Thätigkeit, welche retardirt wird; später sagt er, die physische Materie entstehe aus der rückgängigen Bewegung, welche im Universum entsteht, da es im Streben nach seinem Ziele gestört wird. Beide Erklärungen stimmen überein. Nur hat Schelling später die Störung aus dem Abfall der geistigen Wesen vom Absoluten abzuleiten versucht. Durch den Abfall, das Selbstsein des Geistes, entsteht die rückgängige Bewegung im Universum, woraus die physische Materie entsteht. Den Begriff der Trägheit der Materie fasst Schellling idealistisch, weil seine Naturphilosophie eine Evolutionstheorie ist, die weder eine Vielheit des Seienden, noch ein Seiendes als Subject von Thätigkeiten zulässt.

Die Trägheit der Materie drückt auch das alte Axiom aus: *nullum corpus agit in se ipsum*. Das, was auf sich selbst handelt, ist kein Körper, sondern ein Geist. Der Körper aber bringt sich selbst nicht in Bewegung, sondern der eine bewegt den anderen. Alle Veränderungen der Materie setzen eine äussere Ursache. Jeder Körper agirt auf einen anderen, nicht aber auf sich selbst. Er besitzt nur transeunte, nicht aber immanente und reflexible Thätigkeiten. Letztere werden den Körpern nur analogisch zugeschrieben. Auch die Reflexion des Lichtes, des Schalles ist eine transeunte, nicht aber eine immanente Thätigkeit. Denn damit der Lichtstrahl reflectirt wird, muss er vorher auf einen anderen Körper fallen, der ihn zurückwirft. Der Gedanke aber, welcher sich reflectirt, bleibt in dem Subjecte, von welchem das Denken ausgeht. Da jeder Körper nur transeunte Thätigkeiten ausübt, und daher nur der eine auf den anderen handelt, so setzen auch alle materiellen Veränderungen eine äussere Ursache voraus und ist die Materie träge.

Die äussere Causalität, wodurch alles Geschehen in der elementaren Natur bedingt ist, fordert theils eine bewegliche Materie, theils aber bewegende Kraft. Es muss daher gezeigt werden, wie eine bewegliche Materie mit bewegender Kraft möglich ist. Die Beweglichkeit der Materie ist die allgemein verbreitetste Thatsache, welche die Naturwissenschaften annehmen. Sie setzen eine bewegliche Materie als Thatsache voraus. Die Naturphilosophie hat aber die ersten Voraus-

setzungen der Naturwissenschaften zu erklären und zu begründen und muss also zeigen, wie eine bewegliche Materie zu denken ist.

Die Materie lässt sich nicht als beweglich vorstellen, wenn sie nur ein Phänomen geistiger Substanzen oder nur ein Product unendlicher Evolutionen ist. Denn das nur im Entstehen und Verschwinden Begriffene ist von keiner bewegenden Kraft afficirbar, weil es in keinem Zeitmoment beharrt, worin eine bewegende Kraft es berühren könnte. Was nicht selbst als Substanz existirt, ist unbeweglich. Aus einem anderen Grunde sind Atome eine unbewegliche Materie. Sie sind unbeweglich, weil sie einen absoluten Widerstand der Einwirkung einer bewegenden Kraft entgegensetzen. Ihre unveränderliche Raumerfüllung schliesst alle Einwirkung einer bewegenden Kraft aus. Das Eine continuirlich ausgedehnte Universum existirt substantiell wie die Atome, ist aber doch unbeweglich, weil die Ausdehnung nur ein Zustand ist, der keinen Widerstand leistet. Auch die eigenschaftslose Materie ist unbeweglich, weil sie entweder gar keinen oder nur einen negativen Widerstand leistet. Beweglich kann die Materie nur sein, wenn sie ein substantielles Sein hat und Widerstand leistet.

Es fragt sich nun aber, worin der Widerstand, den die Materie leistet, besteht. Sie kann, wie es scheint, ihn leisten, schon durch ihr blosses Dasein. Die Materie, hat man gesagt, erfüllt ihren Raum und leistet Widerstand durch ihr blosses Dasein im Raume. In dieser Annahme wird das Dasein der Materie als eine Eigenschaft gedacht, wodurch sie Widerstand leistet. Das Dasein ist aber gar keine Eigenschaft, sondern das Subject und der Träger aller Eigenschaften. Das blosse Dasein lässt sich überdies nicht als eine Ursache denken. Dadurch, dass die Dinge sind, sind sie nicht Ursachen, sondern Ursachen sind sie nur durch Thätigkeiten und Bewegungen. Durch ihr blosses Dasein kann die Materie also keinen Widerstand leisten. Der einwirkenden bewegenden Kraft kann die Materie Widerstand nur leisten, wenn sie selbst eine bewegende Kraft besitzt, wodurch sie allein Ursache sein kann. Nur durch eine bewegende Kraft der Abstossung kann die Materie daher Widerstand leisten. Um die Beweglichkeit der Materie zu denken, muss man ihr daher eine bewegende Kraft der Abstossung zuschreiben. Die Materie ist also nicht ohne bewegende Kraft zu denken. Sie ist das Bewegliche mit bewegender Kraft.

Jede Materie ist beweglich dadurch, dass sie Widerstand leistet, sie leistet aber Widerstand durch eine bewegende Kraft der Abstossung. Die dynamische Naturansicht ist in einem gewissen Grade ausführbar bei der Annahme, dass jeder bewegliche Stoff nur eine bewegende Kraft der Abstossung besitzt. Kant meinte, eine zweite bewegende Kraft der Attraction müsste angenommen werden, weil sonst keine bestimmte umgrenzte Raumerfüllung sich ergebe. Schlechthin nothwendig ist das aber nicht. Denn wenn man eine Mehrheit von Stoffen annimmt, von denen jeder eine abstossende Kraft besitzt, so würde schon hieraus eine begrenzte Raumerfüllung eines jeden Stoffes sich ergeben, da die abstossende Kraft eines jeden Stoffes durch die aller übrigen eingeschränkt werden würde. Kein Stoff würde ins Unendliche sich expandiren können, weil er daran durch die bewegenden Kräfte aller anderen Stoffe verhindert werden würde. Es würde

also schon hieraus eine bestimmte Raumerfüllung sich ergeben. Die Attractionskraft kann man also nicht aus der Thatsache der beschränkten Raumerfüllung oder negativ daraus folgern, dass eine solche nicht entstehen würde, wenn sie nicht vorhanden wäre. Selbst aber auch dann, wenn sie vorhanden wäre, so würde daraus doch keine bestimmte Raumerfüllung sich ergeben, wenn nicht ausserdem eine dritte abstossende Kraft vorhanden wäre. Unstreitig ist es eine richtige Bemerkung Schelling's, dass zur Erklärung der Materie drei Kräfte angenommen werden müssten. Der Grund davon liegt aber darin, dass ein Wesen, welches für sich allein existirt, nicht als ein materielles oder körperliches vorgestellt werden kann. Dazu ist stets die Voraussetzung einer Mehrheit von Substanzen nothwendig. Keine bewegende Kraft der Materie wirkt auf sich selbst zurück, was aber der Fall sein würde, wenn in demselben Subjecte eine repulsive und eine attractive Kraft vorhanden wäre, welche sich selbst einschränkten. Die Einschränkung der Raumerfüllung setzt stets eine Mehrheit von Repulsivkräften in verschiedenen Subjecten voraus. Hieraus folgt auch, dass die Gestaltungs- und Cohäsionsformen der Körper abhängig sind, nicht blos von ihren einem jeden Körper innewohnenden repulsiven und attractiven Kräften, sondern zugleich auch abhängig sind von der Umgebung, worin sie sich befinden. Die Annahme der Attraction lässt sich also nicht auf dem Wege von Schelling und Kant herleiten, sie folgt aber gleichfalls aus der Beweglichkeit der Materie.

Wenn jeder Stoff eine abstossende Kraft besitzt, so scheint es, dass Bewegung entstehen kann. Allein die Entstehung der Bewegung setzt in der Materie ausser dem Widerstande, der auf ihrer Repulsion beruht, noch eine zweite Bedingung voraus. Soll ein Stoff oder ein Körper durch einen Stoss beweglich sein, so ist dies nur unter der Bedingung möglich, dass die Materie den Raum veränderlich erfüllt. Wenn sie den Raum unveränderlich erfüllt, so ist selbst in dem Falle, dass jeder Stoff oder jedes Atom eine abstossende Kraft besitzt, die Entstehung einer Bewegung unmöglich, weil alsdann die abstossende Kraft des einen die Einwirkung des anderen ausschliesst. Die Bewegung ist unmöglich, weil der Widerstand absolut sein würde. Die Einwirkung durch den Stoss selbst würde unmöglich sein. Er würde gar nicht stattfinden. Ohne dass die Materie ihren Raum veränderlich erfüllt, ist sie durch einen Stoss unbeweglich. Wenn durch die abstossende Kraft, welche der Materie, weil sie Widerstand leistet, nothwendig zugeschrieben wird, irgend etwas geschehen soll, muss die Materie ihren Raum veränderlich erfüllen. Eine Materie, die ihren Raum veränderlich erfüllt, erfüllt ihn continuirlich, denn dies ist dasselbe. Beweglichkeit der Materie ist also andererseits nur möglich, wenn die Materie den Raum veränderlich und continuirlich erfüllt.

Ein aus Atomen zusammengesetzter Körper ist unbeweglich, weil er seinen Raum nicht veränderlich erfüllt. Es scheint freilich, als wäre bei aus Atomen zusammengesetzten Körpern veränderliche Raumerfüllung möglich, da die leeren Räume kleiner und grösser werden können. Der aus Atomen zusammengesetzte Körper würde also durch einen Stoss beweglich sein, sofern dadurch eine Verkleinerung der leeren Räume stattfände. Die Verkleinerung der leeren Räume setzt aber voraus, dass die Atome selbst durch den Stoss zusammenrücken.

Durch den Stoss können sie selbst aber nur bewegt werden, wenn sie selbst ihren Raum veränderlich erfüllen, was aber wieder die Voraussetzung ist, dass sie ihren Raum ein für allemal unveränderlich erfüllen. Also kann auch ein aus Atomen zusammengesetzter Körper durch einen Stoss nicht in Bewegung kommen, ohne dass man annimmt, dass die Materie ihren Raum veränderlich erfüllt. Erfüllt sie aber ihren Raum veränderlich, so ist kein Grund vorhanden, Atome und daneben leere Zwischenräume anzunehmen, da alsdann alle Raumerfüllung continuirlich ist. Bewegung giebt es also nur, wenn die Materie abstossende Kraft besitzt und ihren Raum veränderlich erfüllt. Veränderlich kann die Materie ihren Raum aber nur erfüllen, wenn sie durch Kräfte der Contraction ihren Raum einschränken kann. Die Materie ergiebt sich also auch hier wiederum als das Bewegliche mit bewegender Kraft. Sie ist das Bewegliche, welches zugleich bewegende Kraft der Abstossung und Anziehung besitzt. Widerstand ist nur durch Abstossung, veränderliche Raumerfüllung nur durch Anziehung und Contraction möglich. Eine unbewegliche Materie ist keine physische Materie, sondern entweder nur die Materie geometrischer Anschauungen, wie die des Cartesius und der corpuscularen Atomistik, oder nur eine Materie des Gedankens, wie die des Idealismus und der Evolutionstheorie. Beweglich ist die Materie aber nur, wenn sie einerseits durch Abstossung einen Widerstand leistet und andererseits ihren Raum veränderlich durch Expansion und Contraction erfüllt.

„Das Geheimniss der elementaren Natur liegt in der Wechselwirkung.“ Die Materie ist nichts als das Vermögen der Wechselwirkung, dass die Dinge nach Aussen wirken und von Aussen auf sie gewirkt werden kann. Was nicht auf ein Aeusseres wirken und worauf nicht direct von Aussen gewirkt werden kann, ist nicht Materie, sondern Geist. Der Geist lebt und wirkt nur in sich. Nach Aussen kann er nur wirken und von Aussen kann auf ihn nur gewirkt werden, wenn er mit einer Materie verbunden ist, die das Princip aller Wechselwirkung unter den endlichen Dingen ist. „Wo zwei Wesen“, sagt daher mit Recht Jacobi [1], „die ausser einander sind, in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, dass eins in das andere wirkt, ist ein ausgedehntes Wesen.“

In dem Begriffe der Materie wird aber zweitens auch gedacht eine Vielheit von Substanzen. Wenn sie das Princip der Wechselwirkung an den Dingen ist, so liegt darin schon die Voraussetzung einer Vielheit von Dingen. Die Thätigkeiten, welche die Dinge aufeinander ausüben, sind transeunte und setzen daher stets eine Mehrheit voraus. Schon als ein blosses Phänomen setzt die Materie eine Dualität als Bedingung, indem es keine Erscheinung giebt ohne Etwas, das erscheint, und ein anderes, dem es erscheint. Wäre die Materie auch nur eine Erscheinung, so müssten wenigstens viele geistige Wesen vorhanden sein, welche sich gegenseitig als Materie anschauen, da sie sich selbst nicht so vorstellen können. Denn das Sichselbstanschauende ist nicht Materie, sondern Geist. Schon als Erscheinung involvirt die Materie eine Vielheit des Seienden. Auch in der Ausdehnung liegt die Multiplicität neben der Continuität

[1] Fr. H. Jacobi, David Hume über den Glauben, oder Idealismus und Realismus, ein Gespräch. 1787. S. 111.

als ein nothwendiges Moment, ohne welches sie nicht stattfinden kann. Und dasselbe gilt, wie schon gezeigt, von der dritten Eigenschaft der Materie, der Bewegung, sofern sie eine transeunte Thätigkeit ist. Wo das Moment der Vielheit negirt wird, verschwindet daher auch der Begriff der Materie wie im Cartesianismus. Das Berechtigte der Atomistik liegt in dem Hervorheben dieses Momentes der Vielheit an dem Begriffe der Materie. Allein die Vielheit des Seienden für sich bildet doch keine Materie. Wenn jedes der Seienden allein für sich existirt, ergiebt sich daraus keine Materie. In dieser Isolirung liegt der Mangel der Atomistik. Nur wenn die Atome zugleich causal gesetzt sind, können sie als Materie erscheinen. Denken wir sie aber so, so müssen sie als Subjecte bewegender Kräfte, die ihnen immanent und mit ihrem Dasein gesetzt sind, aufgefasst werden, wodurch ihre isolirte Existenz und in Folge davon die leeren Zwischenräume verschwinden. Nimmt man die Atome causal als Subjecte bewegender Kräfte, so muss man ihnen auch eine veränderliche Raumerfüllung zuschreiben, und nur nominell stimmen sie dann noch mit dem Begriffe eines Atomes überein. Das ist namentlich der Fall bei dem qualitativen chemischen Atomismus, der, wenn er consequent fortdenkt, die leeren Zwischenräume aufgeben und eine veränderliche Raumerfüllung den Atomen zuschreiben muss. Er findet das Einfache mit Recht nicht in dem Kleinsten, sondern in der Qualität der Stoffe. Ihre Qualitäten bestehen aber in den bewegenden Kräften, welche sie aufeinandor ausüben. Die Atome können aber keine Kräfte aufeinander ausüben, wenn sie keine veränderliche Raumerfüllung besitzen. Wird diese aber zugestanden, so ist die ganze Auffassung nicht mehr eine atomistische im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern eine dynamische. Unsere dynamische Auffassung negirt wenigstens das Moment der Vielheit nicht, nur meint sie, dass eine Vielheit des Seienden nur dann den Begriff der Materie erklärt, wenn jedes der Seienden zugleich als Subject bewegender Kräfte gedacht wird.

Die dynamische Naturansicht nimmt für die Erklärung der materiellen Veränderungen und Erscheinungen bewegende Kräfte an, welche der Materie immanent und mit ihrem Dasein gegeben sind. Die bewegenden Kräfte betrachtet sie daher als Erklärungsgründe der Erscheinungen. Ihre Annahme beruht auf Motiven der intellectuellen Erkenntniss. Sie werden als Gründe für die Erklärung der gegebenen Veränderungen angenommen. Denn alle Veränderungen, welche wir wahrnehmen, werden von dem Gedanken als Folgen aus ihnen zu Grunde liegenden Kräften aufgefasst, weil die Veränderungen ihren Grund nicht in sich selber, sondern in den Dingen haben, welche sich verändern. Daher betrachten wir alle Dinge als Subjecte bewegender und reflexibler Kräfte, wodurch die wahrgenommenen Erscheinungen bedingt sind. Die Dinge selbst, das, was existirt, ist ein Grund der Veränderungen, welche den Sinnen bekannt werden.

Dies Verfahren des Gedankens bestreitet der philosophische Empirismus, wenn er die Realität der Kräfte leugnet und sie für blosse Fictionen des Gedankens ausgiebt. Nach seiner Meinung soll nur real sein, was auf die Sinne einen Eindruck macht und deshalb wahrgenommen werden kann. Da die Kräfte nur durch den Gedanken, nicht aber durch die Sinne erkannt werden, so sieht er sie als blosse Gedankenformen oder als blosse Fictionen an, die ausser dem

Gedanken nicht existiren. Das Reale sollen nur die gegebenen Veränderungen und Zustände, das blos passive Geschehen sein, welches wahrgenommen werden kann, nicht aber die Kräfte, welche zu dem Wahrgenommenen hinzugedacht werden. Dies Kriterion aber, wonach der Empirismus über die Realität urtheilt, können wir nicht als begründet ansehen. Denn real ist nicht nur das, was wahrgenommen werden kann, sondern auch das ist real, was zur Erklärung des empirisch Gegebenen nothwendig gedacht wird. Wäre nur das sinnlich Wahrnehmbare das Reale, so würde auch die Natur nur ein Inbegriff fünffacher Erscheinungsformen sein ohne ein substantielles Sein, die Materie würde nur nach zwei Dimensionen ausgedehnt sein ohne eine dritte Dimension, und selbst die Bewegung könnte nicht im objectiven Sinne genommen werden. Das Kriterion, wonach der Empirismus die Realität beurtheilt, widerlegt sich daher selbst. In der Praxis des Erkennens wird auch dem Gedanken, der zur Erklärung des Wahrgenommenen nothwendig hinzutritt, Realität zugeschrieben. Wenn aber zur Erklärung gegebener Veränderungen Kräfte als Gründe derselben nothwendig gedacht werden, besitzen sie auch objective Wahrheit und Realität und sind keine blossen Fictionen und Gedankenformen. Der Empirismus muss daher entweder bei der blossen Beobachtung der Veränderungen und des Geschehens stehen bleiben, oder einräumen, dass, wenn die Veränderungen von dem Gedanken begriffen werden sollen, nothwendig Kräfte zu ihrer Erklärung angenommen werden müssen. Denn alle Veränderungen werden als bedingt durch das Seiende gedacht, welches sich verändert, worin sie daher auch ihren Grund haben müssen. Der Gedanke der Kraft aber drückt nichts weiter aus, als dass in den veränderlichen Dingen selbst ein Grund ihrer Veränderungen liegt. Wenn man einräumt, dass für alle Erscheinungen und wahrnehmbaren Veränderungen nothwendig ein Seiendes, eine Materie, Atome, einfache Wesen oder Substanzen angenommen werden muss, so muss man auch einräumen, dass das Seiende nothwendig als ein Subject von Kräften oder — was dasselbe ist — als ein Grund der Veränderungen zu denken ist. Sind die gegebenen Veränderungen, welche den Sinnen bekannt werden, ein Erkenntnissgrund für die Annahme eines Seienden, so ist auch umgekehrt das Seiende nothwendig ein Sachgrund der Veränderungen. Der Gedanke der Kraft drückt nur den Zusammenhang aus zwischen den gegebenen Erscheinungen und dem Seienden als Sachgrund derselben.

An die Stelle einer Erklärung der Erscheinungen aus den Kräften der Dinge setzt die atomistische Metaphysik (Herbart) die Erklärung der Erscheinungen aus den äusseren Umständen und Verhältnissen der Dinge und stellt die Theorie der Evolution (Hegel) die Erklärung der Erscheinungen aus den inneren Verhältnissen der Veränderungen. Die äusseren Verhältnisse bestehen in dem Zusammen- und dem Aussereinandersein, der Entfernung und der Nähe, der Stellung und der Lage der Dinge und der Atome zu einander. Die inneren Verhältnisse liegen in der Aufeinanderfolge des Geschehens, wodurch es dem Begriffe oder dem Gesetze des Geschehens nach bedingt ist, dass der spätere Zustand auf den früheren folgt. Wenn man diese Annahmen der Metaphysik der Atomistik und der Evolutionslehre macht, so sind auch die Kräfte

den Dingen nicht immanent und keine Erklärungsgründe, sondern selbst nur Folgen entweder der äusseren oder der inneren Verhältnisse.

In der Evolutionslehre werden die Kräfte selbst nur angesehen als Momente oder Stufen der Entwicklung der Dinge. Jede Stufe der Entwicklung zeigt ein anderes Verhältniss des Dinges. So lange der Körper in Bewegung ist, bewegt er, ruht er, ist er ein Hinderniss der Bewegung. Seine Kraft ist sein inneres Verhältniss, die Stufe seiner Entwicklung, worauf er sich befindet. Die Kräfte, selbst eine Folge der Entwicklung, müssen sich daher auch verändern wie die Entwicklung der Dinge eine andere wird. Hierauf gründet sich auch HEGEL's [1] Polemik gegen die Annahme von Kräften als Erklärungsgründe der Erscheinungen. An KANT's Construction der Materie aus bewegenden Kräften tadelt HEGEL vornämlich, dass KANT die Kräfte als bleibende Gründe der Veränderungen, nicht aber, wie HEGEL es verlangt, als blosse Momente der Entwicklung der Materie aufgefasst hat. Dieser Tadel ist vom Standpunkte der Evolutionslehre gerechtfertigt, da nach ihr das Geschehen und die Veränderungen nicht durch die Kräfte der Dinge, sondern allein durch die innere Nothwendigkeit ihrer begrifflichen oder gesetzlichen Aufeinanderfolge bedingt sind. Wenn alles nur vermöge des Begriffes oder des Gesetzes der inneren Verhältnisse oder der nothwendigen Aufeinanderfolge geschieht, so können auch alle Kräfte nur Momente und Stufen der Entwicklung und also nur Folgen, nicht aber Gründe derselben sein. Die Polemik gegen die Annahme von Kräften als Erklärungsgründen und damit gegen die dynamische Naturansicht ist also eine nothwendige Selbstfolge der metaphysischen Vorausnahme der Evolutionstheorie, dass die inneren Verhältnisse alles machen.

Wenn aber Alles eine Folge sein soll von den äusseren Verhältnissen der Dinge, wie die atomistische Metaphysik glaubt, so sind auch die Kräfte selbst nur Folgen der Relationen der Dinge. Erst aus den Umständen, dem Zusammenkommen, ihrer Stellung und Lage zu einander erlangen die Atome oder die einfachen Wesen bewegende, immanente und reflexible Kräfte, welche sie ausserdem und an sich nicht besitzen. Die Kraft soll nur ein Ausdruck sein der äusseren Verhältnisse der Dinge, worin sie eintreten. Erst in dem Momente des Zusammenseins mit dem Eisen entstehe in dem Magneten die Anziehungskraft. Wenn die Kräfte eine Folge der Umstände und der äusseren Verhältnisse sind, so müssen sie natürlich auch wechseln an den Dingen, so wie die Verhältnisse sich ändern. Die Polemik gegen die dynamische Naturansicht und die Realität der Kräfte ist daher auch in den consequenten Atomenlehren eine Selbstfolge ihrer metaphysischen Vorausnahme, dass alles Geschehen eine Folge ist der äusseren Verhältnisse und Umstände.

Es ist nun freilich keine Frage, dass es überall kein Geschehen und keine Veränderung geben würde, wenn die Dinge nicht in einem Verhältnisse zu einander stünden. Nur dadurch, dass sie zusammen sind, können sie auch aufeinander wirken. Wenn sie völlig isolirt und ohne Beziehung aufeinander existirten, würden sie auch nicht aufeinander einen Einfluss äussern können.

---

[1] HEGEL's Werke. Logik I. 207. Encyklopädie §. 262.

Die inneren und äusseren Verhältnisse sind aber an sich nur die formalen, räumlichen und zeitlichen Bedingungen der Dinge oder ihrer Erscheinungen. Diese formalen Bedingungen, Raum und Zeit, Entfernung und Nähe, die Stellung und Lage und die Aufeinanderfolge besitzen aber keine Causalität. Sie können nichts hervorbringen. Die Verhältnisse können nichts machen ohne die Dinge, welche im Verhältnisse zu einander stehen. Aus den Verhältnissen können keine Kräfte hervorgehen, wenn die Dinge sie nicht schon besitzen. Sie sind nur Erkenntnissgründe für die Eigenschaften und Kräfte der Dinge, aber keine Sachgründe derselben. In den Verhältnissen liegt nur eine Gelegenheit, aber keine Ursache des Geschehens. Sie sind an sich nur eine Thatsache, welche eine Erklärung fordert, aber keine giebt. Wenn die Dinge zusammen sind, wirken sie auf einander. Allein wie kommen sie zusammen und bilden ein Ganzes der Wirksamkeit untereinander? Das Zusammenkommen und das Wiederauseinandergehen, wenn es keine blosse Phantasie sein soll, setzt selbst schon in den Dingen, welche kommen und gehen, bewegende Kräfte voraus, die nicht wieder blosse Producte der äusseren Umstände und Verhältnisse sein können. Was an sich keine Eigenschaften und Kräfte besitzt, in dem können durch Verhältnisse auch keine erzeugt werden. In der Entwicklung bedingt die Aufeinanderfolge das Geschehen. Damit aber die Dinge überall sich verändern und entwickeln, müssen sie schon Kräfte der Entwicklung besitzen, welche daher auch nicht blos Stufen der Entwicklung sein können. Die Erklärung aus den inneren und äusseren Verhältnissen setzt selbst also schon immanente Kräfte in den Dingen als Erklärungsgründe voraus. Die Verhältnisse sind ohne den Dingen immanente Kräfte entweder nur ein blindes Schicksal oder ein Zufall. Schicksal und Zufall sind aber nur Thatsachen und keine Erklärungsgründe. Wenn blos aus den Verhältnissen Alles hervorgehen soll, so macht man unberechtigter Weise die Verhältnisse selbst zu einer Ursache und schreibt ihnen immanente Kräfte zu, was doch Niemand denken kann. Diese Annahmen der Atomen-, und der Evolutionslehre, wodurch sie die Realität der Kräfte bestreiten, sind also nicht durchführbar, ohne dass sie das Gegentheil von dem annehmen, was sie verwerfen, den Dingen immanente Kräfte als Erklärungsgründe des Geschehens. Ohne die Annahme von Kräften giebt es keinen Zusammenhang zwischen der Erscheinungswelt der Veränderungen und den Dingen, welche erscheinen. Berechtigen die gegebenen Erscheinungen zu dem Schlusse auf ein Seiendes, welches erscheint, so muss dasselbe auch ein Grund seiner Veränderungen oder, was dasselbe ist, ein Subject immanenter Kräfte sein. Die Atomen- und die Evolutionslehre zerreisst den Zusammenhang zwischen der Erscheinungswelt und den Dingen an sich, wenn sie die Annahme von Kräften verwirft und alle Veränderungen nur als Folgen äusserer Umstände oder innerer Verhältnisse gelten lassen will. Die dynamische Naturansicht aber sucht überall den Zusammenhang zwischen den gegebenen Erscheinungen und dem Wesen der Dinge zu erkennen, da sie die Dinge nicht als ein blosses Sein, sondern als Subjecte bewegender und reflexibler Kräfte auffasst. Die Kraft der Dinge ist der Zusammenhang zwischen ihrem Sein und ihrer Erscheinung.

Kapitel III.

Vom Maasse und vom Messen.

A. Vom Maasse.

1. Allgemeines.

§. 135. Zeit-, Raum- und Gewichtsmaasse als Grundmaasse.

Kenntniss der Maasse und der Methoden der Messung bildet eine der wichtigsten Grundlagen der physikalischen Erkenntniss.

Dies folgt aus der allgemeinen oben (S. 65, Nr. 7) gegebenen Definition der Physik, als der Wissenschaft, welche zur Erkenntniss von den Veränderungen der materiellen Natur nach allgemeinen Gesetzen aus äusseren Ursachen, ferner zur Erkenntniss hinsichtlich der Ursachen selbst (Erkenntniss der Kräfte) und der Aggregatzustände (Verhältniss der Kräfte) führen soll.

Alle Veränderungen der materiellen Natur bestehen aber in Bewegungen und wird daher die Aufgabe der Physik zunächst darin bestehen, die Grösse und Richtung dieser Bewegungen zu ermitteln.

Ganz allgemein kann nun Grösse und Richtung von Bewegung durch die mathematischen Zeichen ausgedrückt werden und insofern es nur auf relative Veränderungen oder Bewegungen ankäme, würde zur physikalischen Erkenntniss die Darstellung von Bewegungen unter der Form entsprechender mathematischer Ausdrücke genügen. Könnte man z. B. eine bestimmte Bewegung durch den Ausdruck mct bezeichnen, wo m eine beliebige Menge Materie, c eine beliebige Länge einer geraden Linie und t eine beliebige Zahl von Zeittheilen bedeutet, so würde hierdurch allerdings die Art der Bewegung und noch mehr, auch die Beschaffenheit der Kraft, welche diese Bewegung veranlasste, ausgesprochen, so dass immer, wenn eine Bewegung durch einen ähnlichen Ausdruck MCT bezeichnet werden könnte, auf die Aehnlichkeit der Bewegungen und der ursächlichen Kräfte geschlossen werden dürfte. Auf die Aehnlichkeit, aber auf nicht mehr, denn um das Urtheil über die Grössen der Bewegungen, über die Grössen der ursächlichen Kräfte festzustellen, müsste theils das Verhältniss der gleichartigen Grössen m und M, c und C, t und T bekannt sein, wodurch wir auch nun zur Erkenntniss der relativen Grössen der Bewegungen und Kräfte mct und MCT gelangen würden, theils müsste die Einheit bestimmt sein, durch welche die algebraischen Zeichen m und M, c und C, t und T gemessen werden, dann erst erhielten wir eine absolute Grössenbestimmung, insofern wir berechtigt wären, die Einheiten der Grössen m, c und t als feststehend zu betrachten.

Die Einheit des Maasses muss also bestimmt werden und wir werden, da jede Grösse nur durch eine andere, ihr gleichartige gemessen werden kann, so viele Maasseinheiten in der Physik erhalten, als wir verschiedenartige Grössen zu untersuchen haben, also z. B. Maasseinheit für Linien, für Flächen, Körper, für Massen, für Zeit, für Wärme, für Elektricität u. s. w.

Diese vielen verschiedenen Maasse, die wir wirklich anwenden, lehren uns nun ebenso viele verschiedene Gruppen von Bewegungen oder Kräften erkennen, führen uns aber nicht unmittelbar zur Vergleichung aller Kräfte, sondern erst dann, wenn die verschiedenen zu Grunde liegenden Einheiten der Maasse wieder auf eine Einheit zurückgeführt werden können.

Als diese gemeinschaftliche Maasseinheit aller Bewegungen und Kräfte ist man jetzt übereingekommen, das Produkt anzusehen, welches aus der Einheit der linearen Dimension, aus der Einheit der materiellen Masse und aus der Einheit der Zeit gebildet wird.

Während also alle übrigen Maasseinheiten z. B. für die Wärme, die Elektricität u. s. f., so wie die Instrumente und Methoden, diese Maasseinheiten zu ermitteln: Thermometer, Elektrometer, Galvanometer, für besondere Abschnitte der Physik von unmittelbarer Wichtigkeit sind, bleiben als allgemeine Maasseinheiten für die gesammte mechanische Naturlehre die der Zeit-, der Raum- und der Massenmaasse übrig, welchen in diesem, zu dem ganzen Gebiete der Physik einleitenden Theile eine genauere Betrachtung gebührt.

Von diesen drei Maasseinheiten stehen nun wieder zwei, die des Raummaasses und die des Massenmaasses in einem sehr nahen Zusammenhange, indem sich das Massenmaass stets auf die Masse eines mit einer bestimmten Materie erfüllten Raumes zurückführen lässt. Da nun überdies für das Zeitmaass keine verschiedenen Systeme vorhanden sind, welche in der Physik besonders zu beachten wären, vielmehr die Zeiteintheilung des bürgerlichen Lebens, ausser dem misslungenen Versuche zur Zeit der französischen Revolution, allgemein auch in der Wissenschaft beibehalten ist und von der Verschiedenheit der mittlern und wahren Zeit, so wie von den Methoden zur Bestimmung der absoluten Zeitgrössen besonders im folgenden Kapitel die Rede sein wird, so beschäftigen uns hier nur noch die absoluten Grössen der Raum- und Massenmaasse und die Messungsmethoden für diese und für die relativen Zeitgrössen, welche bei den physikalischen Untersuchungen angewendet werden.

§. 136. Mannigfaltigkeit von Maasssystemen.

Jede Grösse kann als Maasseinheit für alle gleichartigen Grössen dienen, insofern jede grössere als ein Vielfaches, jede kleinere als ein Theil der zur Einheit gewählten Grösse zu bezeichnen ist. Die Wahl der Einheit selbst ist also nur eine Sache der Uebereinkunft und daher erklärlich, dass so unendlich viele Maasssysteme bei den verschiedenen Völkern und zu verschiedenen Zeiten in Gebrauch gekommen sind, da jede Gemeinschaft von Menschen, wenn sie nicht durch den Verkehr mit andern zu einer neuen Uebereinkunft bewogen wurde, auf eine willkührlich gewählte Maasseinheit ein für die Zwecke des täglichen Lebens genügendes Maasssystem gründen konnte. Die Verschiedenheit der Maasssysteme besteht also darin, dass einerseits verschiedene absolute Grössen als Einheiten der Maasse angenommen, andererseits die Eintheilung des Maasses und die Vervielfältigung in verschiedenen Verhältnissen gemacht wurden. Für die wissenschaftliche Erkenntniss würde es ebenfalls völlig ausreichend gewesen sein, wenn man sich über ein bestimmtes Maass als Einheit, gleich-

viel von welcher absoluten Grösse, hätte einigen können. Allein die Wissenschaft fand längst gebräuchliche Maasssysteme vor, sie lernte und beobachtete mit ihrer Hülfe mit den üblichen Maassen und Gewichten und es erging ihr wie dem Handel und Verkehr; erst die Ausbreitung der Beziehungen unter den Völkern, musste sie zur Lösung der schwierigen Aufgaben drängen: erstens ein möglichst unveränderliches bestimmtes Maass aufzusuchen und für alle Zeiten zu sichern, zweitens die Werthe der alten Maasse mit dem neu aufgestellten zu vergleichen.

Dass Maass und Massen ein gemeinsames Gebiet des Völkerverkehres und der Wissenschaft sind, hat für die letzten gute Früchte getragen, da das Bestreben der Auffindung eines Naturmaasses und der genauesten Abmessung desselben zu den grossartigsten wissenschaftlichen Unternehmungen und zu den ausserordentlichen Verfeinerungen der Messkunst, die wir jetzt besitzen, Veranlassung gab. Dieser bleibende Vortheil entschädigt dafür, dass streng genommen das Problem, ein unveränderliches sogenanntes Naturmaass zu finden, nicht gelöst worden ist, sondern wir lauter conventionelle Maasse besitzen, die nur in ihren verhältnissmässigen Werthen mit sehr grosser Genauigkeit festgestellt sind.

§. 137. Innerer Zusammenhang der Glieder in einem Maasssysteme.

Wissen wir auch über die Entstehung der ältern Maasssysteme nichts Genaues, so erlaubt die Natur des Gegenstandes doch, Vermuthungen darüber aufzustellen, wie aller Wahrscheinlichkeit nach die Bildung eines solchen Systemes vor sich ging. Schon die Bezeichnungen der Sprache deuten darauf hin, dass für das Längenmaass die Einheit nach der Länge eines Naturkörpers, in der Regel eines Theiles des menschlichen Körpers oder die mit Körpertheilen abzureichenden Längen gewählt wurden: Arm, Elle, Fuss, Hand, Faust, Daumen (Zoll) sind in dem einen Sinne, Klafter, Schritt, Spanne in dem andern Sinne solche Längenmaasseinheiten.

War ein solches Längenmaass durch Uebereinkunft festgestellt und der Bildungsgrad des Volkes schon so weit entwickelt, dass die Sicherung dieses Maasses durch Aufbewahrung von Normalmaassen, Einfügung derselben in Gebäuden u. s. f. ein Bedürfniss war, so lässt sich erwarten, dass auch bereits die einfachen Beziehungen von Flächen-, Körper- und Gewichtsmaassen zum Längenmaasse erkannt wurden. Flächen wurden als Quadrate, Körpergrösse oder Volumina als Kuben der Längenmaasse und Gewichte oder Massen als Gewichte eines bestimmten Volumen einer bestimmten Substanz festgestellt. Die Erkennung dieser Beziehung zwischen Raum- und Gewichtsmaassen bei den alten Kulturvölkern darf man jedenfalls als feststehend betrachten.

Dies ist der Entwicklungsgang, den ein Maasssystem genommen haben kann, wenn wir uns dessen Entstehung analog der Feststellung unserer neuesten Maasssysteme denken wollen.

Der erwähnte Zusammenhang zwischen Längen- und Körpermaassen und Gewichten würde es aber auch denkbar machen, dass eines der andern Glieder, also etwa das Gewicht eines bestimmten Körpers, den Ausgangspunkt des Maass-

systems gebildet hätte. Denn wäre z. B. ein bestimmtes Gewicht Wasser gegeben, so entspräche dieses einem bestimmten Volumen, welches als Kubus berechnet in der Seite desselben ein Längenmaass darstellte.

Es ist die Ansicht aufgestellt worden, dass dieser Weg gerade bei dem ältesten Maasssystem eingeschlagen wurde, und an und für sich ist er ebenso gut als der entgegengesetzte, jetzt übliche, so lange der Ausgangspunkt, hier die Längendimension, dort eine Masse nothwendig willkührlich sein muss.

Anders gestaltete sich aber in der Theorie die Frage, welcher Weg bei der Aufstellung eines Maasssystems einzuschlagen ist, wenn eine jener Grössen, sei es eine lineare Dimension oder ein Gewicht, aufgefunden werden könnte, welche gegen jede Zerstörung durch den Zufall zu sichern oder stets wieder in gleichem Werthe zu ermitteln wäre. Ohne Zweifel würde man alsdann von jener Grösse ausgehen, d. h. die Methode befolgen müssen, die bei den neuern Maassbestimmungen Anwendung gefunden hat. Indem der Erdkörper, wie weiter unten gezeigt werden wird, entweder durch seine Dimensionen selbst oder durch seine Massenanziehung uns zwei Längenmaasse geliefert hat, welche stets wieder mit grosser Genauigkeit ermittelt werden können, wird ein folgerichtiges Maasssystem von den Längendimensionen beginnen und dann zu Flächen-, Raum- und Gewichtsmaassen fortschreiten müssen.

Die Durchführung dieses Gedankens ist nun in einfachem Anschluss an eines der beiden Naturmaasse, den Umfang des Erdkörpers, nur in dem neufranzösischen Maasssysteme versucht worden. Welche Mängel diesem Systeme anhaften, werden wir später sehen, doch kann schon hier hervorgehoben werden, dass die gänzliche Abweichung der Maasseinheiten von den bis dahin gebräuchlichen, in den verschiedenen Ländern verhältnissmässig zu dem neufranzösischen Maasse nur wenig differirenden Maassen einer der grössten Uebelstände war, welche die allgemeine Verbreitung des neufranzösischen Maasses hauptsächlich verhindert hat und noch verhindert. Die Aufstellung des Meters, Liters, Kilogramms u. s. f. war ein wissenschaftliches Experiment, bei welchem die tausendjährige Praxis, die Bedürfnisse des Verkehrs gar keine Berücksichtigung fanden. Trotz der den Theoretiker befriedigenden Folgerichtigkeit des metrischen Systemes hat dasselbe daher über die Sphäre der Wissenschaft hinaus nur geringe Ausbreitung gefunden.

Viel wichtiger ist der Anstoss, den das Werk der Maassregulirung in Frankreich für die Ausführung der gleichen Arbeit in den übrigen Kulturländern hervorbrachte. In den meisten Ländern, die seither eine Regulirung ihrer Maasse vornahmen, ist man viel weniger revolutionär zu Werke gegangen wie in Frankreich. Man begnügte sich entweder damit, die vorhandenen Längenmaasse mit den beiden auf Naturmaasse begründeten Längen, mit dem Meter und der Länge des einfachen Sekundenpendels zu vergleichen, so wie die Beziehungen zwischen den Längenmaassen und den Raum- und Gewichtsmaassen möglichst einfach festzustellen. Oder man modificirte die üblichen Maasse ein Geringes, um sie mit dem neufranzösischen Maasssystem in einfache Beziehung zu setzen, ohne doch die Interessen des täglichen Verkehrs zu tief zu verletzen, wie durch unmittelbare Annahme des neufranzösischen Maasses unfehlbar geschehen wäre.

Die Wege, welche die verschiedenen Länder eingeschlagen haben, werden wir bei Besprechung der einzelnen Maasssysteme genauer zu verfolgen haben.

§. 138. Kenntniss der Maasssysteme, für die physikalische Wissenschaft erforderlich.

Für die ferneren wissenschaftlichen Untersuchungen würde nunmehr die allgemeine Anerkennung eines der geregelten Maasssysteme genügen und hat man in der That vielfach sich bemüht, das folgerichtigste Maasssystem, das neufranzösische, bei den wissenschaftlichen Beobachtungen und Berechnungen einzuführen.

Diese Bemühungen sind nur theilweise von Erfolg gewesen, weil sich sehr verschiedene Ursachen gegen dieselben vereinigen. Zunächst und vor Allem liegt hier keine Frage vor, die die Wissenschaft einseitig lösen kann, oder in ihrem eignen Interesse einseitig lösen darf.

Es hiesse die fruchtbare Wechselbeziehung der Naturwissenschaften mit dem täglichen Leben, mit Industrie und Technik erschweren, wenn die Wissenschaft ihre eignen Maasse anwenden wollte, ohne doch die Macht zu haben, sie auch dem Verkehre aufzuzwingen. Beobachtungen und Erfahrungen des Laien müssen der Wissenschaft willkommen sein, aus welcher Sprache der Maasse sie zu übersetzen sind; Gesetze der Wissenschaft müssen dem Laien in der ihm verständlichen Maasssprache mitgetheilt werden, um ihnen Eingang zu verschaffen.

Rechnet man hierzu die grössere Leichtigkeit, genaue landesübliche Maasse erhalten zu können, die Gewohnheit, mit bestimmten, auf die Landesmaasse begründeten Zahlen zu rechnen, auch, als nicht unbedeutendes Moment, die nationale Eifersucht, Eigenthümliches, wenn auch Schlechteres, mit fremdem Besseren zu vertauschen, die nun einmal vorhanden ist, wie wenig man sie für Maass und Gewicht als berechtigt anerkennen mag, so ergiebt sich, dass die Wissenschaft der genauen Kenntniss der verschiedenen Maasse nicht entbehren darf, um stets alle Messungen auf ein gewünschtes Maass reduciren zu können.

Ebenso wird es wünschenswerth sein, so viel als möglich die Werthe der in früheren Zeiten gültigen Maasse festzustellen, um eine grosse Zahl von Beobachtungen und Erfahrungen, die in den Schriften älterer Zeiten aufbewahrt sind, mit den Forschungen der neuern Zeit vergleichen zu können, wenn auch die Ermittlung der alten Maasse immer mit einigen Unsicherheiten behaftet bleiben wird.

In den folgenden Paragraphen wird demgemäss eine Uebersicht der wichtigsten alten und neuen Maasssysteme gegeben werden, worauf dann folgt, wie sich die Maassgrössen nach den gefundenen Bestimmungen der Maasssysteme zu einander verhalten sollten. Bei dieser Uebersicht werden wir am besten den historischen Gang einschlagen, welcher uns schliesslich zu demjenigen Entwicklungspunkte der neuesten Maassgesetzgebung führt, die für die exacten Wissenschaften die höchste Bedeutung hat.

§. 139. Sicherung der Maasssysteme durch die Messungen.

Die Feststellung der Grössen, welche als Maasse in den verschiedenen Maasssystemen dienen sollen, bildet aber erst eine Seite der ganzen Kenntniss

vom Maasse und Messen. Die zweite Seite ist die Prüfung und Aufstellungen der für verschiedene Fälle zweckmässigsten Methoden desselben, durch welche die Grösse der Maasse ermittelt wird, das praktische Messen.

Auch in dieser zweiten Seite werden die Forderungen der Wissenschaft und des täglichen Verkehres vielfach zusammentreffen. Der Verkehr wie die Wissenschaft verlangen Sicherstellung der gebrauchten Normalen; wir haben zu untersuchen, wie diese in verschiedenen Fällen erreicht wurde. Handel, Technik und Wissenschaft verlangen in verschiedenem Grade bequeme und mehr oder weniger genaue Methoden zum Messen oder zum Gebrauch der normalen Maasse, deren Zweckmässigkeit wir zu prüfen haben. In diesen Beziehungen werden nun die von der Wissenschaft gebrauchten Methoden die Forderungen des täglichen Lebens einschliessen, da die Wissenschaft in der Genauigkeit der Messung weit über die Bedürfnisse des Verkehrs hinausgeht.

Die Genauigkeit der Messungen, welche nach den Angaben der Wissenschaft möglich ist, wird aber sorgfältig untersucht werden müssen, theils um die Gränze festzustellen, bis zu welcher die theoretischen Bedingungen der Maasssysteme erfüllt werden können, theils um zu ermitteln, bis wie weit unsere Wahrnehmungen, soweit sie auf Messungen beruhen, Zutrauen verdienen.

Wir reihen demgemäss den Angaben über die Maasssysteme die wichtigsten Methoden zur praktischen Messung an.

2. Theoretische Werthe der Maasse. Maasssysteme des Alterthums.

§. 140. Maasssysteme der alten Völker.

Die Ansicht, dass ein Zusammenhang zwischen den Maasssystemen der bedeutendsten Kulturvölker des Alterthums bestanden habe, ist wohl niemals bestritten worden, da zu viele unmittelbare Zeugnisse in den alten Schriftstellern und zu gewichtige mittelbare Beweise für solchen Zusammenhang vorhanden sind.

Dagegen weichen die Meinungen über den Ursprung der geregelten Maasse, über die Art der Uebereinstimmung oder des Zusammenhanges zwischen den bei verschiedenen Völkern eingeführten Systemen, über den Grund der Zuverlässigkeit der Maassbestimmungen bei den Alten sehr von einander ab.

Am allgemeinsten angenommen ist die Ansicht, dass das geregelte System in den Maassen zuerst in Aegypten bestanden und von dort entweder unmittelbar bei andern Völkern eingeführt worden sei oder die bei diesen geltenden, zuvor nicht bestimmt geregelten Maasse so abgeändert habe, dass alsdann ein einfaches Verhältniss des ägyptischen und des abgeänderten Maasses entstanden sei.

Die Grundlage des ägyptischen Maasssystemes ist, nach den am weitesten gehenden Vertretern des ägyptischen Ursprungs der Messkunst, dieselbe gewesen wie bei dem neufranzösischen Maasssysteme, nämlich eine von der Ausmessung des Erdkörpers entnommene Längendimension. Diese Behauptung wird namentlich von Paucton und Jomard durch eine Reihe von Gründen verfochten, welche anscheinend sehr zutreffend sind, aber von Muncke schlagend widerlegt wurden. Die Hauptgründe bestehen darin, dass die ägyptische heilige Elle

und die Längendimensionen von grossen Bauwerken (namentlich der grossen Pyramide bei Memphis) in einem einfachen Zahlenverhältniss zur Länge eines Meridiangrades in Aegypten stehen sollen. MUNCKE weist überzeugend nach, dass die von JOMARD berechnete grosse Uebereinstimmung zwischen den ägyptischen Maassen und den Meridiangraden gar nicht habe stattfinden können, wenn man den alten Aegyptern nicht sehr weit gehende astronomische Kenntnisse und sehr feine mechanische Hülfsmittel zuschreiben will, über welche uns jede Andeutung fehlt. Ein anderer Grund gegen JOMARD's Ansicht, den MUNCKE noch nicht anführen konnte, ist aus den wichtigen metrologischen Untersuchungen BÖCKH's zu entnehmen, aus denen folgt, dass wir keine Aufklärung über den Zusammenhang der Maasssysteme des Alterthums erhalten, wenn wir denselben in den Längendimensionen als Grundlage der Systeme suchen, während dieser Zusammenhang überraschend hervortritt, wenn man von den Gewichten als den zuerst bestimmten Grössen ausgeht. A. BÖCKH gebührt das Verdienst, dies nachgewiesen zu haben, und wir folgen im Wesentlichen seinen Ideen in dem Bilde, welches wir von den Maasssystemen des Alterthums zu entwerfen versuchen.

Aus dem alten chaldäischen Reiche Babylon gingen die Maasssysteme der alten Völker hervor, nicht aus Aegypten. Es ist zwar gewiss, dass die alten babylonischen und die ägyptischen Maasse vielfach übereinstimmen, was auf einen uralten Zusammenhang beider Reiche schliessen lässt, aber die Verbreitung der Maasse war nach Phönizien, nach Griechenland schon erfolgt, ehe etwa durch Vermittlung der Juden ägyptische Maasse nach Palästina und dann durch die Phönizier weiter hätten gelangen können.

Bei den Babyloniern und Aegyptern wurden Maass und Gewicht, obgleich aus dem täglichen Verkehr zuerst hervorgegangen, später von der sternkundigen Priesterschaft geregelt. Dieser war eine möglichst genaue Bestimmung der Maasse und Gewichte zu ihren astronomischen Beobachtungen nothwendig, und da die Babylonier frühzeitig ziemlich gute Beobachtungen angestellt haben, so muss bei ihnen Maass und Gewicht früh geregelt gewesen sein; auch setzen die uralten gewaltigen Bauwerke der Aegypter und Babylonier genaue Maasse voraus in unbestimmbar früher Zeit.

Zu den astronomischen Beobachtungen war eine einigermaassen genaue Zeitmessung erforderlich und diese wurde nach uralter Methode durch den Abfluss des Wassers aus einem Gefässe ausgeführt. Die Babylonier theilten den Tag in 12 Stunden und in ebensoviel die Nacht und bedienten sich zur Abmessung dieser Theile des Wassers. Ebenso ist ihnen die Theilung der 12 Zodiakalzeichen und deren Abmessung zuzuschreiben. Zu diesen Abmessungen werden die Chaldäer wie die Aegypter nach MACROBIUS eherne Gefässe gebraucht haben; um Zwölftheile, namentlich des Zodiakus, abzumessen, wurde das Hauptmaass in zwölf Theile getheilt, und auch Gefässe angefertigt, welche diesen Zwölftheil darstellten. Die Wassermengen wurden aber nicht allein durch Abmessen, sondern auch durch Wägen verglichen, was von IDELER in Bezug auf die Chaldäer insbesondere bemerkt ist; und folglich werden auch die Wassergewichte möglichst sorgfältig bestimmt worden sein, so dass das Wechsel-

verhältniss der Maasse und Gewichte in den Ursprüngen der Metrologie begründet ist.

Hiernach wären also drei bedeutsame Punkte für das Maasssystem der Babylonier festgesetzt: 1. sie bedurften sehr sorgfältig bestimmter Volumina zu ihren Zeitbestimmungen; 2. sie theilten die Volumina wegen deren Beziehung zur Zeitmessung nach dem Duodecimalsystem; 3. sie kannten das Verhältniss bestimmter Volumina Wasser und deren Gewicht.

Das älteste bekannte Gewicht, welches entweder in unveränderter Grösse bei den verschiedenen Völkern des Alterthumes wieder gefunden wird, oder auf welches sich die gebrauchten Gewichte in einfachen Verhältnissen zurückführen lassen, ist das babylonische Talent.

Nach der von den Chaldäern erkannten Beziehung zwischen Maass und Gewicht ist es einleuchtend, dass dies Talent das Gewicht eines bestimmten Kubus Wasser gewesen ist, und zwar, wie die Untersuchungen gezeigt haben, desjenigen Kubus, dessen Seite alsdann als ein Fuss genommen wurde.

Dieser eine Kubus brauchte aber nicht die Grundlage für alle Maasse zu sein (so wenig wie im neufranzösischen Maasse die Einheit des Gewichtes und der Flüssigkeitsmaasse dieselbe Grösse ist, vielmehr bei jenem das Kubikcentimeter, bei diesem das Kubikdecimeter), sondern für die Gewichte mochte der babylonische Kubikfuss, für Raummaasse ein anderes mit dem Kubikfuss in einfachem Verhältnisse stehendes Volumen gewählt und das Längenmaass einer dieser Raumgrössen entnommen werden. Auf solchen Ursprung weisen nun in der That die Maasse hin, indem sich ursprüngliche grössere und kleinere Maasse erkennen lassen.

Die Beziehung der sämmtlichen, im Alterthume gebräuchlichen Maasse zu den ursprünglichen babylonischen oder ägyptischen Maassen nachzuweisen, ist allerdings nicht möglich, ebensowenig die Gründe überall anzugeben, welche eine Veränderung der ursprünglichen Maasse auf einen andern, zu diesem in einem bestimmten einfachen Verhältnisse stehenden Werth veranlasst haben. Indessen tritt der Zusammenhang der Maasse in den meisten Fällen aus dem von Böckh angegebenen Gesichtspunkte so klar hervor, dass die Abweichungen der hiernach zu berechnenden Grössen von den in den Resten vorhandener Maasse wirklich beobachteten Grössen unbedeutend erscheinen.

Das Hauptergebniss seiner Untersuchungen über die ältesten Maasse fasst Böckh folgendermaassen zusammen:

„Es bestand seit uralten Zeiten in Asien, vorzüglich in Assyrien und den vorliegenden Ländern, und in Aegypten zweierlei Längenmaass, ein kleineres und ein grösseres; diese verhielten sich wie $\sqrt[3]{2} : \sqrt[3]{3}$ und waren entweder in Aegypten oder in Babylon ursprünglich gebildet und aus dem einen Land in das andere übertragen. Das kleinere ist in Griechenland herrschend geworden. Ebenso gab es zweierlei Körpermaass und Gewicht; das kleinere verhielt sich zum grösseren wie 3 : 5. Jenes kleinere Körpermaass ist für Aegypten und die Hebräer nachgewiesen und nicht verschieden vom Attischen: das grössere Körpermaass ist für Syrien gefunden und zugleich das Aeginäische.

Das grössere Gewicht ist das Babylonische, zugleich das Persische und ebenso in Syrien, Phönizien, bei den Hebräern und Aegyptern gangbar; es ist auch das Aeginäische. Das kleinere Gewicht stammt ebenfalls aus Asien; es findet sich auch in Aegypten. Aus Asien kam es nach Griechenland und wurde von Solon in Athen eingeführt. Wie das Verhältniss 3 : 5 entstanden sei, ist noch nicht nachgewiesen; Böckh vermuthet, was durch Analogien unterstützt wird, dass es eine uralte Eintheilung des Talentes in 100 Minen und 10000 Drachmen gegeben habe und daneben eine in 60 Minen und 6000 Drachmen, jedoch so, dass diese 60 Minen jenen 100 gleich waren. Dann wurde das Sexagesimalsystem in Bezug auf die Minenzahl des Talentes allgemein, und man bildete diesem gemäss auch ein kleines Talent von 60 jener kleinen Minen, deren 100 auf das Talent gegangen waren, indem man, ungeachtet der herrschend gewordenen Sexagesimaltheilung des Talentes, die kleineren Minen nicht aufgab, weil man sich an diese gewöhnt hatte. Also verhielten sich dann diese Talente wie 5 : 3 und ebendemselben Verhältniss folgten darauf die Körpermaasse, welche in Uebereinstimmung mit dem Gewichte standen.

Ausser dem Babylonisch-Aeginäischen und dem Solonisch-attischen Talent war noch in Asien ein drittes, auch als Euböisches oder altattisches zu bezeichnendes Talent gangbar, welches sich zum Babylonischen wie 5 : 6 verhielt. Die Entstehung auch dieses Verhältnisses erklärt sich auf ähnliche Weise aus einem Nebeneinanderbestehen des Duodecimal- und des Decimalsystems. Man ging von der kleinsten Einheit aus, von welcher (dem Obolos) in dem grossen System das gangbarste Münzstück (und Münze und Gewicht war ursprünglich gleich) der Stater oder das Didrachmon 12 enthielt, das kleinere System aber nur deren 10.

Das Maasssystem der Römer setzte sich dann wieder mit dem der Griechen, wenn nicht direkt mit asiatischen Systemen in ein einfaches Verhältniss. Der lebhafte Verkehr Italiens mit Griechenland in sehr alten Zeiten ist jetzt genügend nachgewiesen, namentlich sind die Korinther als Träger eines solchen Verkehrs anzusehen. In Korinth war das Aeginäische System gebräuchlich und daraus erklärt sich, dass zunächst römisches Gewicht mit dem äginäischen in einer einfachen Beziehung steht, nämlich im Verhältniss des Pfundes von 10 : 9. Woraus dieses bestimmte Verhältniss entstanden sei, ist noch nicht nachgewiesen; dasselbe wird aber auch in den abgeleiteten Maassen, also z. B. in Längenmaassen gefunden, indem der römische Fuss zum griechischen sich dann wie $\sqrt[3]{9} : \sqrt[3]{10}$ verhalten sollte, welches Verhältniss sich als die grösste Annäherung an die zu beobachtenden Grössen erwiesen hat.

Ist nun dieser in den Hauptzügen geschilderte Zusammenhang der Maasse bei den alten Völkern vorhanden gewesen, so kann man, wenn nur die absolute Grösse eines der Maasse noch zu finden ist, die beabsichtigte Grösse aller übrigen Maasse berechnen. Als die sicherste Zahl würde sich die Länge des römischen Fusses ergeben, welche theils direkt von Maassstäben und Entfernungen, theils indirekt aus dem Volumen von Gefässen bestimmten kubischen Inhaltes, theils aus der Schwere von Gewichtsstücken entnommen ist. Allein

man kann nicht füglich von dem Längenmaasse ausgehen, weil dieses ja ein abgeleitetes war und das beabsichtigte Verhältniss zum griechischen $\sqrt[3]{9} : \sqrt[3]{10}$ gewiss nicht mit solcher Schärfe ausgeführt wurde (vielmehr ein angenähertes von 24 : 25), dass nicht beim rückwärts Berechnen von Körpermaassen und Gewichten grössere Fehler entstehen müssten. Sicherer ist es daher, vom Pfunde auszugehen, welches sich aus gut erhaltenen Gewichtsstücken und dem Gewichte voll ausgeprägter alter Münzen mit ziemlicher Genauigkeit ermitteln lässt. Bei den folgenden Werthangaben ist, wo der Werth aus Berechnungen nach dem von Böckh angegebenen Zusammenhange der Maasse herrührt, das Gewicht des alten römischen Pfundes zu

6165 pariser Gran
oder 327,45 Grammen

angenommen worden.

§. 141. 1. Alt-babylonische Maasse.

Grundlage der Maasse und Gewichte war ein Volumen Wasser. Das wichtigste derselben war ein Kubus, den man als das Gewicht des alten babylonischen Talentes anzusehen berechtigt ist und dessen Seite man in Uebereinstimmung mit den Bestimmungen bei anderen alten Völkern 1 babylonischen Fuss oder $^2/_3$ babylonische Elle nennen darf. Aus diesem Hauptgewichte von 1 Kubikfuss Wasser entstand ein im Verhältniss 5 : 6 verkleinertes, welches sich in den Gewichten von Münzen, im euböischen oder vorsolonischen Talente wiederfindet.

Ausser diesem Volumen kann man noch auf 3 andere, welche als Normen gedient haben, schliessen:

1 Volumen von $1^1/_2$ Kubikfuss, vielleicht daraus gebildet, dass bei dem Körpermaass eine dem Längenmaass analoge Zusammenstellung gemacht wurde, so wie die Elle = 1 und $^1/_2$ Fuss, so ist dieses Volumen die Grundlage der Hohlmaasse, welches man den babylonischen Metretes nennen kann, gleich 1 und $^1/_2$ Kubikfuss.

1 Volumen, welches zu dem Hauptvolumen von 1 Kubikfuss im Verhältniss von 3 : 5 stand. Dies Volumen, also der Kubus eines kleinen Fusses, findet sich als Grundlage von Gewichten (Solonisches Talent), von Raummaassen (hebräisches Bath), von Längen (römischer Fuss) wieder.

Endlich kann noch ein ganz grosses Talent, das Gewicht einer Kubikelle Wasser, vermuthet werden, welches also $^{27}/_8$ des Hauptmaasses betragen hätte und sich in einer Verkleinerung auf $^5/_6$ findet (Antiochenisches Holztalent).

Nur von wenigen dieser Maasse, als alten babylonischen, sind direkte Ueberlieferungen vorhanden, doch ist ihre Annahme durch den hiedurch nachweisbaren Zusammenhang der alten Maasse gerechtfertigt. Das System der Maasstheilung kennen wir nicht, wenn auch zu vermuthen ist, dass es mit dem ägyptischen Systeme, welches in den Grundmaassen mit dem babylonischen am meisten übereinkommt, vielleicht gleich gewesen sei.

Die folgende Uebersicht zeigt die Grundmaasse, auf welche die wichtigsten

Maasse aller Völker des Alterthums zurückzuführen sind, in ihrem Zusammenhange mit den unzweifelhaft alt-babylonischen (Talent, Elle, Fuss) zusammengestellt.

Grösstes Talent(?) = 1 babyl. Kubikelle Wassergewicht	= 270 röm. Sextarien = 450 röm. Pfund	antiochenisches Holztalent.
$^5/_6$ desselben = antiochenisches Holztalent (?)	= 375 röm. Pfund	
Das babyl. Talent = 1 babyl. Kubikfuss Wassergewicht	= 80 röm. Sextarien $133^1/_3$ röm. Pfund	äginäisch. Talent; gross. ägypt., syrisch.; antioch.; hebräisches.
$^5/_6$ desselben = euböisches Talent	= $66^2/_3$ röm. Sextar. $111^1/_4$ röm. Pfund	vorsolonisch-attisches Talent; alexandrinisches Talent.
Kleines (babyl.?) Talent = $^3/_5$ babyl. Kubikf. Wassergew.	= 48 röm. Sextarien 80 röm. Pfund	solonisch. Talent; kleine ägypt., römische Amphora.
Der (babyl.?) Metretes = $1^1/_2$ babyl. Kubikfuss	= 120 röm. Sextarien 200 röm. Pfund	syrischer Metretes; äginäischer Metretes; Sparta.
Der kleine (babyl.?) Metretes = $1^1/_2$ kleine Talente	= 72 röm. Sextarien 120 röm. Pfund	griech. Metretes; ägypt. Artaba; hebräisches Bath und Epha.
Der kleine (babyl.?) Kubikfuss = $^2/_3$ babyl. Kubikfuss	= $53^1/_3$ röm. Sextar. $88^8/_9$ röm. Pfund	olympischer Kubikfuss.

Die babylonische Elle = $\sqrt[3]{\text{des grössten Talentes}}$ = mosaische Elle, heilige ägypt. Elle.

Der babylon. Fuss = $\sqrt[3]{\text{des babylon. Talentes}}$ = babyl. ägypt. grosser Fuss; philetärischer Fuss.

Seite des kleinen Talentes als Kubikfuss = $\sqrt[3]{\frac{3}{5}}$ babylon. Fuss = römischer Fuss.

Der kleine (babylonische?) Fuss = $\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ babylon. Fuss = olympisch. Fuss.

Der kleine Fuss entstand, indem das grosse Talent (1 Kubikfuss) als Metretes gedacht wird und als solcher $1^1/_2$ Kubikfusseinheiten enthalten muss, dieser kleine Kubikfuss also $^2/_3$ babyl. Kubikfuss, folglich der kleine Fuss $\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ babyl. Fuss beträgt.

Die kleine (babylon.?) Elle = $\frac{3}{2}$ kleine Fuss = gemeine ägyptische Elle.

Setzt man nun das römische Pfund = 6165 par. Gran = 0,3274528 Kilogr. das Gewicht von 1 par. Kubikzoll Wasser

im Maximum der Dichtigkeit = 373,444352 par. Gran
und das specifische Gewicht des Wassers bei 16° R. = 0,998291,
folglich das Gewicht von 1 par. Kubikz. Wasser von 16° R. = 372,7771,

so enthält das röm. Pfd. $\frac{6165}{372,7771}$ = 16,53803 par. Kubikzoll = 0,3280558 Liter
und der römische Sextarius = 27,56339 „ „ = 0,5467595 „

Mit diesen Zahlen würden nun die obigen Grundmaasse, wenn man den Werth des römischen Pfundes als genau ansieht, die in nachstehender Tabelle angegebenen beabsichtigten Werthe erhalten. Diese werden von den wirklich nachweisbaren etwas abweichen, aber nicht mehr als nach den mangelhaften Messverfahren erklärlich ist, wie bei den an den einzelnen Maasssystemen angestellten Vergleichungen sich ergeben wird.

Raummaasse.

	röm. Sextarien	par. Kubikzoll	Liter.
Die Kubikelle ($^{27}/_8$ Kubikfuss)	270	7442,417	147,625
der Metretes ($^3/_2$ Kubikfuss)	120	3307,607	65,6110
der Kubikfuss (1 Kubikfuss)	80	2205,072	43,7407
der kleine Metretes ($^9/_{10}$ Kubikfuss)	72	1984,565	39,3666
der kleine Kubikfuss ($^2/_3$ Kubikfuss)	$53^1/_3$	1470,048	29,1604
das kleine Talentvolumen ($^3/_5$ Kubikfuss)	48	1323,043	26,2444

Gewichtsmaasse.

	römische Pfund	Aeginät. Minen	pariser Grains	Kilogramme.
Grosses Talent (?)	450	$202^1/_2$	2774250	147,354
$^5/_6$ grosses Talent	375	$168^3/_4$	2311875	122,795
Talent	$133^1/_3$	60	822000	43,680
$^5/_6$ Talent	$111^1/_9$	50	685000	36,400
kleines Talent	80	36	493200	26,196

Längenmaasse.

	pariser Linien	Meter.
Elle	234,286	0,52851
Fuss	156,191	0,35234
kleine Elle	204,668	0,46170
kleiner Fuss	136,445	0,30780
kleine Talentseite	131,736	0,2971748

§. 142. 2. Alt-ägyptische Maasse.

In dem alt-ägyptischen Maasssysteme, welches dem babylonischen offenbar am nächsten gestanden hat, kennen wir bei vielen Maassen die Eintheilung und die Namen. Folgende sind die wichtigsten.

a. Raummaasse.

Die Artabe, welche dem attischen Metretes oder dem oben mit dem Namen des kleinen babylonischen Metretes bezeichneten Maasse gleich ist.

Der ptolemäische Medimnos = 2 Artaben.

b. Gewichtsmaasse.

Hiervon waren vermuthlich dreierlei in Gebrauch: erstens ein grosses Gewicht, dem babylonischen Talente von 1 Kubikfuss Wassergewicht entsprechend; zweitens ein mittleres, das sogenannte alexandrinische der späteren Metrologen, welches mit dem euböischen oder $^5/_6$ babylonischen Kubikfuss Wassergewicht übereinkommt; drittens endlich ein kleines, welches dem sogenannten attisch-solonischen oder $^3/_5$ babylonischen Kubikfuss Wassergewicht gleich ist.

c. Längenmaasse.

Von Längenmaassen waren zwei Grundmaasse vorhanden, eine grössere und eine kleinere Elle. Die grössere oder heilige Elle, welches die Elle des Nilmessers bei Elephantine war, ist der babylonischen Elle gleich. Die kleinere oder gemeine Elle ist die oben unter dieser Benennung aufgeführte, welche auch die griechische ist. Die Elle enthielt $1\frac{1}{2}$ Fuss und der Fuss ward in 4 Palmen getheilt, folglich hatte die Elle 6 Palmen. Nun sind in den erhaltenen Resten häufig Ellen mit einer Theilung in 7 Theilen, Palmen, gefunden worden, deren Entstehung aus dem Grössenverhältniss der beiden Ellen in folgender Weise deutlich wird. Die beiden Ellen verhalten sich nämlich nach obigen Zahlen wie 204,668 zu 234,286 oder wie 6 : 6,87; wurde daher die kleine Elle in 6 Palmen getheilt, so enthielt die grosse Elle nahezu 7 Palmen derselben Grösse und es hat nichts Auffallendes, wenn solche kleine Differenz bei der Eintheilung des Ellenmaasses für den täglichen Verkehr nicht beachtet, sondern vielmehr der Bequemlichkeit wegen das angenäherte Verhältniss 6 : 7 angenommen wurde.

Das Verhältniss der übrigen Längenmaasse zur gemeinen Elle ergiebt die folgende Vergleichungsliste:

1 Orgyie (*ὀργυιά* nach Jomard von *ὀρέγω*, also etwa eine Klafter)
= $2\frac{2}{5}$ Bema (*βῆμα*, Schritt),
= 4 Pechys (*πῆχυς*, Elle),
= 6 Fuss,
= 8 Spithame (*σπιθαμή*, Spanne),
= 12 Dichas oder Lichas (*διχάς*, *λιχὰς*, *κοινοστόμος*),
= 24 Palmen (*παλαιστὴ* oder *παλάμη*, Handbreite, auch Palmblatt),
= 96 Dactylus (*δάκτυλος*, Finger, auch Palmfrucht).

Ausserdem sind als Wegemaasse noch zu erwähnende Längenmaasse:
der Schönus (*σχοινίον* von *σχοῖνος*, Binse),
der grosse Schönus von 2 Parasangen oder 8 Meilen (*μίλιον*) Länge,
das Stadium (*στάδιον*) = 6 Plethra (*πλέθρον*) = 60 Acaena (*ἄκαινα*, *κάλαμος*, Ruthe) = 600 Fuss.

d. Flächenmaasse.

Die für Landausmessungen genannten Maasse sind nach Jomard [1]:

1 Stadium = 9 Diplethra = 16 Arura = 36 Plethra = 64 Viertel Arura = 100 Schoenus = 400 Fünfundzwanzig-Orgyienstücke = 10,000 Orgyien.

Als eigentliche Einheit der bei den Landvermessungen gebrauchten Grössen erscheint unter den obigen die Arura (*ἄρουρα*), ein Quadrat von 100 Ellen Seite, also etwa den heutigen Maassen des „Ackers", „Morgen", Tonne etc. entsprechend.

Geben wir nun diesen sämmtlichen Maassen die Werthe, welche oben aus dem babylonischen Grundmaasse abzuleiten sind, und vergleichen diese mit den von Jomard berechneten Werthen, so ergiebt sich folgende Tabelle:

---

[1] l. c. S. 197; in Gehler's n. W. ist die Orgyie (Klafter) mit der Acaena (Ruthe) verwechselt.

a. Raummaasse.

	Nach babylonischem Grundmaass	Nach Jomard.
Artabe	39,3666 Liter	—
Ptolemäischer Medimnos	78,7333 „	—

b. Gewichtsmaasse.

Grosses Talent	43,680 Kilogr.	—
Alexandrinisches Talent	36,400 „	—
kleines „	26,196 „	—

c. Längenmaasse.

Heilige Elle	0,52851 Meter	0,5390 Meter
Orgyie	1,84680 „	1,8470 „
Bema	0,76950 „	0,7700 „
Pechys oder gemeine Elle	0,46170 „	0,4618 „
Fuss	0,30780 „	0,3079 „
Spithame	0,23085 „	0,2309 „
Dichas	0,15390 „	—
Palme	0,07695 „	0,0770 „
Dactylus	0,01924 „	0,01925 „
Schönus	—	5985,0 „
grosser Schönus	—	11083,3 „
Parasange	—	5541,65 „
Meile	—	1385,41 „
Stadium	184,680 „	184,72 „
Plethrum	30,780 „	30,79 „
Acaena	3,078 „	3,079 „

d. Flächenmaasse.

Quadratstadium	34106,7 Quadratmeter	34151,0 Quadratmet.
Diplethrum	3789,6 „	3794,1 „
Arura	2131,7 „	2134,4 „
Plethrum	947,4 „	948,6 „
Viertels Arura	532,9 „	533,6 „
(Clima) Schönus	341,1 „	341,5 „
25 Quadratorgyie	85,3 „	85,4 „
Quadratorgyie	3,4 „	3,4 „

§. 143. 3. Jüdische Maasse.

Während bei den ägyptischen Raum- und Gewichtsmaassen die Eintheilungen und deren Namen nicht bekannt sind, kennen wir dieselben bei einigen der jüdischen Maasse; diese Namen weisen indessen auf ägyptischen Ursprung hin und so dürfen wir hieraus, so wie aus der Uebereinstimmung der Maasseinheiten und aus dem gleichen Gewichte der Münzen schliessen, dass auch die Ausbildung des Systemes eine gleiche gewesen sein wird. Die wichtigsten Maasse sind:

a. Raummaasse.

Maasseinheit ist 1 Bath (Bezeichnung für das Flüssigkeitsmaass) oder 1 Epha (dasselbe Maass für trockene Sachen), welche mit der ägyptischen

Artabe identisch sind. Die bekannten Reihen der Raummaasse sind dann folgende:

1 Kor oder Chomer
= 10 Bath oder Epha oder Oiphi (ägyptisch?).
= 30 Saton,
= 100 Gomer oder Gomor oder Assaron,

ferner:

1 Bath oder Epha
= 6 Hin (ἵνιον),
= 18 Kab,
= 72 Log.

b. Gewichtsmaasse.

Maasseinheit ist ein Talent von der Grösse des babylonischen oder äginäischen. Dies Gewichtsmaass war wie immer ursprünglich die Grundlage für die Münzen und die Gewichte, so dass die Eintheilung des Talentes für beides dieselbe war. Das für die Münzen bekannte Verhältniss ist aber:

1 Talent (כִּכָּר, Kuchen, Kreis, Scheibe)
= 60 (babylonischen) Minen,
= 3000 heiligen Seckel,
= 6000 halben Seckel,
= 12000 Zuz,
= 60000 Gera (Obolen).

c. Längenmaasse.

Die Einheiten der Längenmaasse sind nach Böckh aus dem ägyptischen Systeme übertragen. Die heilige oder mosaische Elle (lachende Elle des Talmud) ist die heilige ägyptische, d. h. die babylonische Elle; die gemeine jüdische Elle würde dagegen das kleinere ägyptische Ellenmaass sein. Ein genaues, den angeführten ägyptischen Ellen gleiches absolutes Maass für beide hebräische Ellen darf aber nicht daraus geschlossen werden, da nicht mit Sicherheit nachzuweisen ist, dass sich die Grössen der ägyptischen Ellen in den hebräischen vollkommen erhalten hätten [1]. Die wichtigsten Längenmaasse und ihr Verhältniss untereinander giebt die folgende Vergleichung:

1 Kaneh (קָנֶה, Ruthe)
= 3 Pesiah (פְּסִיעָה, Schritt),
= 6 Amah (אַמָּה, gemeine Elle) oder Gomed (גֹּמֶד),
= 9 Seraïm (שירים, Fuss),
= 12 Zereth (זֶרֶת, Spanne),
= 36 Thepach (טֶפַח, Palme),
= 72 Sithah (סִיטָה, Doppelzoll),
= 144 Ezbah (אֶצְבַּע, Zoll).

Die Wegemaasse sind sehr ungewiss; es wird ein Meilenmaass, Kiberath, Sabbathsweg, zu 7,5 hebräischen Stadien, Ris oder Rus, angegeben, welche Meile 2000 Ellen halten soll, wonach 1 Ris = $266\frac{2}{3}$ Schritt wäre.

[1] Jedenfalls sind die von Jomard berechneten hebräischen Maasse, denen im Gehler'schen Wörterbuche gefolgt ist, fehlerhaft.

§ 144. 4. Einige andere Maasse alt-asiatischer Völker, die arabischen älteren und neueren und ägyptische neuere Maasse.

Die vollständigen Maasssysteme anderer asiatischer Kulturvölker des Alterthumes kennen wir nicht, wohl aber einzelne Maasse verschiedener Völker, welche sich dem oben angenommenen babylonischen Grundsysteme so genau einreihen lassen, dass gerade hierdurch die Ansicht der allgemeinen Verbreitung jenes Systemes eine Hauptstütze erhält.

In den phönizischen und andern syrischen Städten war der alte babylonische Münzfuss, d. h. das alte babylonische Gewicht gebräuchlich, denn das tyrische, das antiochische und allgemein syrische Talent ist, wie die Münzen beweisen, das babylonische, und hiermit stimmt vollkommen überein, dass das syrische Flüssigkeitsmaass dem Volumen von $1\frac{1}{2}$ Talent Wasser gleich war.

Ebenso haben im persischen Reiche die babylonischen Maasse Geltung gehabt, denn die königlich persische Elle ist nichts anderes als die babylonische oder $1\frac{1}{2}$ babylonische Fusse.

Endlich finden wir unter den Maassen der Araber bis heute eine grosse Zahl solcher, welche unmittelbar aus den alten Maassen entsprungen sind. Die bedeutende wissenschaftliche Stellung, welche die Araber im Mittelalter einnahmen, hat bei denselben ein sehr ausgebildetes Maasssystem entwickelt, in welchem die alte Grundlage der babylonischen Maasse zwar noch hier und da zu erkennen ist, welches indessen vielfache Abwandlungen zeigt. Diese Aenderungen sind wohl dadurch zu erklären, dass die Araber statt der alten Grundlage des Maasssystemes, des Wassergewichtes, neue Principien zur Feststellung der Maasse anwendeten, nämlich die Aufstellung von Fundamentallängen, sei es nun, wie Einige wollen, durch Gradmessungen, sei es durch Herleitung der Längen von aneinandergelegten Haaren und Gerstenkörnern. Es wäre sehr natürlich, wenn bei solchen neuen Feststellungen von Maassen die gebräuchlichen Maassgrössen zwar im Ganzen beibehalten, aber in einfache Beziehung zu den neubestimmten Fundamentalmaassen gesetzt worden wären. Die vielfache Wechselbeziehung zwischen Arabern und Aegyptern bewirkte eine vollständige Verschmelzung der Maasse um so eher, als eine sorgfältige Unterscheidung der vielen einander oft sehr nahe stehenden Maassgrössen nach dem Verfalle der Kultur bei jenen Völkern nicht stattfand. Es erscheint daher passend, einige der ältern und neuern arabischen und der späteren ägyptischen Maasse hier zusammenzufassen und sie dem ältesten Maasssysteme anzureihen.

Ausser den aus dem alt-babylonischen Systeme stammenden Maassen werden namentlich eine grössere Zahl davon abweichender arabischer **Längenmaasse**, Ellen, erwähnt, deren Werthe auf Gerstenkornbreiten und auf Pferde- oder Maulthier-Haarbreiten reducirt werden. Absolute Maasse lassen sich hierdurch nicht feststellen, wie viele vergebliche Versuche gezeigt haben, wohl aber relative Werthe, und dadurch, weil sich für eines dieser Maasse, die josippäische Elle, der absolute Werth anderweitig ermitteln lässt, können auch für die andern Ellen die absoluten Grössen berechnet werden. Nach Böckh würden folgende fünf arabische Ellen zu nennen sein:

1. die haschemäische, auch die ältere arabische oder königliche Elle, 3000 auf die arabische Meile;
2. die neuere arabische, oder richtige, auch mittelmässige Elle 4000 auf die arabische Meile;
3. die schwarze Elle, oder die Elle des Nilmessers oder Mekiah von Raoudhah, $^9/_8$ der mässigen Elle;
4. die josippäische Elle, der Kanon der Gebäude von Bagdad, $^{79}/_{81}$ schwarze Ellen und gleich der alten babylonischen Elle;
5. die rasasäische oder königliche Elle, $^3/_2$ der mässigen Elle.

Das offenbar ganz zufällige Verhältniss $^{79}/_{81}$ der josippäischen zur schwarzen Elle weist deutlich auf die Beibehaltung eines alten Maasses hin, und berechnet man aus der Länge des Nilmessers von Raoudhah die josippäische Elle, so erhält man eine nur etwa 1^{mm} kleinere Elle als die alte babylonische, so dass es, wie Böckh bemerkt, kaum zu bezweifeln ist, dass die babylonische Elle sich in der Gegend von Bagdad unter den einheimischen Werkmeistern erhalten hatte. Geben wir daher der josippäischen Elle den oben für die babylonische Elle aufgestellten Werth, so erhalten wir die in der folgenden Tabelle unter *a* angeführten Grössen der arabischen Ellen in Metern, woneben zur Vergleichung die von Böckh und Jomard bestimmten Zahlen gesetzt sind.

	a	Böckh	Jomard [1].
1. Haschemäische Elle	0,64224	0,64098	0,6157
2. mittelmässige „	0,48168	0,48062	0,4648
3. schwarze „	0,54189	0,54070	{0,5385 / 0,5196}
4. josippäische „	0,52851	0,52734	—
5. rasasäische „	0,72252	0,72000	—

Ausser diesen älteren Längenmaassen, von denen jetzt vielleicht nur noch die schwarze Elle im Gebrauche vorkommt, sind eine Reihe von Längenmaassen anzuführen, die theils aus dem alten ägyptischen Systeme, theils aus späterer Zeit stammen, nämlich

1 ägyptischer Grad, Mohgrä, wird in 3 Theile, Marhalah oder Maragha, jeder zu 16 Derege getheilt und soll nach Jomard 20 Parasangen halten, ist aber nach Kupffer kein bestimmtes Maass, sondern so viel als Tagereise.

1 Parasange, Farsakh,
= 3 haschemäische oder arabische Meilen,
= 25 Ghaluah oder ptolemäische Stadien,
= 150 Asla,
= 12000 mittelmässige Ellen;

sodann kleinere Längenmaasse:
die legale Ruthe (Qasab) von Gizeh,
eine kleinere Qasab von Cairo,

[1] Die Jomard'schen Zahlen sind wohl nicht zu rechtfertigen, da derselbe die mittelmässige Elle ohne Weiteres der griechischen gleichsetzt und diese Annahme aus den Maassen von Bauten zu bestätigen versucht, was Böckh sehr schlagend zurückgewiesen hat. Ferner trennt Jomard die Elle des Nilmessers, die von französischen Ingenieuren zu $0^m,5407$ bestimmt wurde, von der schwarzen Elle, während Girard deren Identität bewiesen hat.

die haschemäische Qasab von 2 alten ägyptischen Orgyien Länge,
die alte Orgyie (Hatua),
der alte Schritt (Qyrat),
die legale (türkische) Elle (pik stambuli),
$^1/_3$ dieser Elle (Chebr),
die Handelselle (pik beladi oder derah beladi),
$^1/_3$ dieser Elle (Fetr),
die frühere schwarze Elle (pik Mekiah) $^1/_{24}$ dieser Elle,
die alte Palme (Qabdah),
der alte Dactylus (Esbah),
ein Daumbreit oder Zoll (Ahqd).

Für diese Maasse ergiebt sich dann folgende Werthvergleichung in Metern, bei welcher noch jetzt gebräuchliche Grössen mit einem Sternchen bezeichnet sind:

		nach JOMARD	nach KUPFFER.
Farsakh	5780	5542	—
Meile	1927	1847	—
Galuah	231	222	—
Asla	38,5	37	—
* Qasab von Gizeh	3,84900	3,84900	—
* Qasab von Cairo	3,75200	3,75200	—
haschemäische Qasab	3,69360	3,69400	—
Hatua	1,84680	0,84700	—
* Qyrat	0,76950	0,77000	—
* pik stambull	0,67400	0,67400	0,67700
* Chebr	0,22500	0,23100	—
pic endaze	—	—	0,63624
* pik beladi oder masri	0,57730	0,57730	0,56424
* Fetr (Cassabeh)	0,19240	0,19250	—
Qabdah	0,07695	0,07700	—
* Esbah	0,01924	0,01925	—
Ahqd	0,02567	0,02567	—
* pik Mekiah	0,54189	0,53850	—
* $^1/_{24}$ pik Mekiah	0,02258	0,02250	—

Die Flächenmaasse schliessen sich diesen Linearmaassen an. Das Hauptmaass ist der Fidan, ein quadratisches Flächenstück, welches 20 Qasab Seite haben soll. Der Fidan (Feddan) wird in 24 Theile, welche Qyrat heissen, getheilt. Der Umfang des Fidan wird nach der Zahl der Cassabeh bestimmt und hatte früher 400, jetzt nur noch $333^1/_9$ Cassabeh Umfang, d. h. die zu besteuernden Landflächen werden kleiner vermessen.

Raum- und Gewichtsmaasse sind jetzt wohl die türkischen und wenig genau bestimmt, doch findet man an einigen Maassen noch die alten Namen wieder, z. B. ist das Haupthohlmaass das Ardep von Rosette (Artabe); die Gewichte für feinere Gegenstände sind Dragme, Kirrat ($^1/_{24}$), Grains ($^1/_{96}$) [1].

[1] Näheres über die neuern Maasse Aegyptens in KUPFFER's Werk II, 135.

§. 145. 5. Griechische Maasse.

Nachdem oben bereits die Entstehung der griechischen Grundmaasse aus alten überlieferten asiatischen angegeben wurde, bleibt nur noch übrig, das griechische Maasssystem ausführlicher herzusetzen. Hierbei werden vorzüglich nur die am meisten verbreiteten Grössen Berücksichtigung finden können, weil namentlich die Untersuchung, welche der babylonischen Grundmaasse in diesen oder jenen griechischen Staaten, und wieder mit den Zeiten sich ändernd, geherrscht haben, zu weit führen würde. Nur mag zur Orientirung dienen, dass die schwereren babylonischen Talente und damit zusammenhängend die grösseren Maasse die älteren waren, die sich unverändert in Aegina und den damit am engsten verbundenen Staaten Sparta und Korinth erhielten als äginäisches Talent und äginäischer, spartanischer Metretes. Auch die nächste Verkleinerung des babylonischen Talentes auf $^5/_6$ war als euböisches Talent ein in vorsolonischer Zeit schon übliches Maass. Hierzu kommt endlich das noch kleinere Talent von $^3/_5$ des babylonischen und die hiermit zusammenhängenden Maasse, welche durch die Solonische Gesetzgebung als allein gültig in Attika festgestellt wurden. Die übliche Theilung der Maasse, unabhängig von den Grössen der Fundamentalmaasse, findet sich nun in der folgenden Zusammenstellung.

a. Hohlmaasse für Flüssigkeiten.

(1) Metretes oder Kadus, Diota (*μετρητὴς, κάδος, διώτη*),
(12) Amphoreus oder Chus (*ἀμφορεὺς, χοῦς, χόος*),
(72) Xestes (*ξέστης*),
(144) Kotyle (*κοτύλη*),
(288) Tetarton (*τέταρτος*),
(576) Oxybaphion (*ὀξυβάφιον*),
(864) Kyathos (*κυάθος*),

und als noch kleinere Maasse der Reihe nach: Konche, Mystra, Cheme, Kochliarion (*κόγχη, μύστρον* oder *μύστρος, χήμη, κοχλιάριον*). Der attische Metretes beträgt $^9/_{10}$ babylonische Kubikfuss; das hierzu gehörige Gewichtsmaass, welches $^2/_3$ davon, also $^3/_5$ babylonische Kubikfuss Wassergewicht, betragen muss, ist dann das solonische Talent (s. u.).

Für trockne Sachen.

(1) Medimnos (*μέδιμνος*),
(6) Hekteus (*ἑκτεύς*),
(12) Hemihekteus (*ἡμιεκτέον, ἡμίεκτον*),
(48) Choinix (*χοῖνιξ*),
(96) Xestes (*ξέστης*),
(192) Kotyle (*κοτύλη, κότυλος*),
(1152) Kyathos.

Der attische Medimnos beträgt $1^1/_3$ attische Metretes.

Als allgemeines Körpermaass tritt noch der griechische oder olympische Kubikfuss hinzu, der das zum babylonischen Kubikfuss, als Metretes gedacht, gehörende Kubikmaass, also $^2/_3$ babylonische Kubikfuss, ist. Folglich ist der

attische Metretes = $^{27}/_{20}$ olympische Kubikfuss, der attische Medimnos = $^{9}/_{5}$ olympische Kubikfuss.

b. Gewichte (und Münzen).

(1) Talent (τάλαντον),
(60) Mine (μνᾶ, μνάα, μνέα),
(120) halbe Mine (= Pfund),
(3000) Didrachme (δίδραχμον),
(6000) Drachme (δραχμή),
(36000) Obole (ὀβολός),
(216000) Chalkus (χάλκος).

Als kleine Gewichte der Griechen werden von Romé de l'Isle noch angeführt

1 Gramma (γράμμα oder γραμμάριον)
= $^{1}/_{3}$ Drachme oder = 2 Obolen Gewicht;
1 Lupine = $^{1}/_{3}$ Gramma und 1 Siliqua = $^{1}/_{2}$ Lupine.
(θέρμος) (κεράτια)

Das äginäische Talent, dem babylonischen gleich, beträgt $^{3}/_{2}$ griechische oder olympische Kubikfuss Wassergewicht; folglich der olympische Kubikfuss 40 äginäische Minen oder 80 halbe Minen (Pfunde). Das euböische Talent, $^{5}/_{6}$ des babylonischen, beträgt mithin $^{5}/_{4}$ griechische Kubikfuss Wassergewicht. Das solonische Talent endlich hat $^{9}/_{10}$ griechische Kubikfuss Wassergewicht, oder der olympische Kubikfuss wiegt $66^{2}/_{3}$ attische Minen, während das solonische Talent deren 60 wiegt.

c. Längenmaasse.

Das Grundmaass ist der griechische oder olympische Fuss, der in ganz Griechenland derselbe war; die Grösse desselben ergiebt sich, wie bereits oben erwähnt, aus der Bemerkung, dass der griechische Kubikfuss $^{2}/_{3}$ des babylonischen ist, woraus der griechische Fuss = $\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ des babylonischen folgt. Die zu diesem Fusse gehörende Elle von $1^{1}/_{2}$ Fussen ist mithin ein Ellenmaass, welches die Griechen mit den Aegyptern in deren gemeiner Elle gemeinsam hatten und woraus die Uebereinstimmung sehr vieler ihrer Längenmaasse folgt. In der That ist die Reihe der kleinen Maasse ganz dieselbe, nämlich

1 Elle = $1^{1}/_{2}$ Fuss = 2 Spannen = 3 Dichas
= 6 Palmen = 12 Kondylus = 24 Daktylen.

Die Wegemaasse waren

1 Dolichus = 6 Diaulen = 12 Stadien,

wo das Stadium das ägyptische von 600 Fuss wäre. Sonst wird der Dolichus nach andern Angaben in 16, 20 und selbst 24 Stadien getheilt. Unter Stadium wurden aber selbst sehr verschiedene Längen verstanden. So werden von Romé de l'Isle und Jomard folgende Stadien angeführt:

1) Das Stadium der Ptolemäer (oder das Ghaluah der Araber) = 222^{m} (oben 231^{m} bestimmt).
2) Das ägyptische, auch griechische oder olympische und römische Stadium = $184^{m},72$ (oben $184^{m},68$).

3) Das Stadium des Posidonius 166^{m},25.
4) Das Stadium des Cleomedes (nach Romé de l'Isle vom vorigen verschieden, nach Jomard ihm gleich), auch Stadium des Archimedes, persisches, herodotisches Stadium = 133^{m}.
5) Das Stadium des Eratosthenes und Hipparch = 158^{m},33.
6) Das babylonische oder persische, chaldäische, jüdische, delphische, pythische = 147^{m},78.
7) Das Stadium des Herodot, Aristoteles, Nearchus, auch kleines ägyptisches Stadium = 99^{m},75.
8) Philetärisches oder königliches Stadium von 600 philetärischen Fussen, nach Romé de l'Isle = 210^{m},14 (nach der oben bestimmten Grösse des philetärischen Fusses = 221^{m},4, also dem Ptolemäischen Stadium Jomard's gleichkommend).

d. Flächenmaasse.

Von diesen werden wenige angegeben. Das Hauptmaass ist das Plethrum (*πλέθρον*), wohl dem ägyptischen Plethrum gleich, eine quadratische Fläche von 100 griechischen Fussen oder 30^{m},78 Seite, also 947,4 Quadratmeter Fläche.

Grössere Maasse zum Ausmessen von Ländereien waren nach Heron, für Wiesenland das *σωκάριον τοῦ λιβαδίου* 72 griechische Fuss, für Ackerland das *σωκάριον τοῦ σπορίμου* 60 griechische Fuss und der 10-Fussstock *δεκάπους*.

Diese Maasse erhalten nun mit den oben gegebenen Grundbestimmungen folgende absolute Werthe.

a. Raummaasse.

	Pariser Kubikzoll	Liter.
Medimnos	2646,087	52,4888
Metretes	1984,565	39,3666
Hekteus	441,014	8,7481
Hemihekteus	220,507	4,3741
Amphoreus	165,380	3,2806
Choinix	55,127	1,0935
Xestes	27,563	0,5468
Kotyle	13,782	0,2734
Tetarton	6,891	0,1367
Oxybaphion	3,446	0,0684
Kyathos	2,297	0,0456
Olympischer Kubikfuss	1470,048	29,1604

b. Gewichte.

	Aeginäisch		euböisch		attisch-solonisch	
	pariser Gran	Grammen	pariser Gran	Grammen	pariser Gran	Grammen
Talent	822000,00	43680,373	685000,00	36400,311	493200,00	26196,224
Mine	13700,00	728,062	11416,67	606,672	8220,00	436,604
halbe Mine	6850,00	364,031	5708,33	303,336	4110,00	218,302
Tetradrachme	548,00	29,120	456,67	24,247	328,80	17,464
Didrachme	274,00	14,560	228,33	12,123	164,40	8,732
Drachme	137,00	7,280	114,17	6,067	82,20	4,366
Obolus	22,83	1,213	19,03	1,011	13,70	0,728
Chalkus	3,81	0,202	3,17	0,169	2,28	0,121

c. Längenmaasse.

	pariser Maass	Meter.
Olympisches Stadium	568′,52	184,68
griechische Elle	204‴,668	0,46170
griechischer Fuss	136‴,445	0,30780
Spithame	102‴,334	0,23085
Dichas	68‴,223	0,15390
Palme	34‴,111	0,07695
Kondylus	17‴,056	0,03847
Dactylus	8‴,528	0,01924

§. 146. 6. Römische Maasse.

Auch für die römischen Maasse ist im Allgemeinen bereits der Zusammenhang mit den bisher genannten antiken Maassen angegeben worden, das Nähere aber wird sich aus der folgenden Uebersicht des Theilungssystemes ergeben.

a. Hohlmaasse für Flüssigkeiten.

1 Culeus (Fuder) = 20 Amphoren,
1 Amphora = 2 Urnen,
1 Urna = 4 Congien,
1 Congius = 6 Sextarien,

dann folgen durch fortgesetzte Halbirung des Sextarius: Hemina, Quartarius, Acetabulum, Cyathus, Lingula.

Für trockne Sachen.

1 Modius = $\frac{1}{3}$ Amphora = 16 Sextarien u. s. f.

Das Grundmaass ist die Amphora, das römische Quadrantal oder ein Kubikfuss Wasser und dieser Kubikfuss ergiebt sich als das kleine babylonische Talentvolumen. Hierin liegt nun die Ursache der einfachen Verhältnisse zwischen griechischen und römischen Maassen, trotz der scheinbar complicirten Verhältnisse des griechischen Kubikfusses zu den römischen und griechischen Maassen. Das Volumen des attisch-solonischen Talentes oder der römischen Amphora verhält sich zum griechischen Kubikfuss wie 9 : 10 oder 18 : 20, ferner ist der attische Metretes $^{27}/_{20}$ griechische Kubikfuss, folglich ist das Verhältniss der Amphora zum Metretes wie 18 : 27 = 2 : 3, oder der griechische Chus dem römischen Congius gleich.

b. Gewichte.

Das Grundgewicht war das Pfund libra (λίτρα, sicilisch) oder as, welches in 12 Unzen getheilt wurde. Die einzelnen Abtheilungen des Pfundes und die Theile der Unzen hatten ihre besondern Namen, nämlich:

12 Unzen = libra oder as,
11 „ = deunx,
10 „ = decuncis,
9 „ = dodrans,
8 „ = bes (bis triens),
7 „ = septunx,

6 Unzen	=	semis (semissis, semi as, ἡμίλιτρον),
5 „	=	quincunx (πεντώγκιον),
4 „	=	trias ($^1/_3$ as, τριᾶς),
3 „	=	quadrans ($^1/_4$ as, τετρᾶς),
2 „	=	sextans ($^1/_6$ as, ἑξᾶς),
$1^1/_2$ „	=	sescunx,
1 „	=	uncia (οὐγκία, ὀγκία),
$^1/_2$ „	=	semuncia,
$^1/_3$ „	=	duella,
$^1/_4$ „	=	denarius (sicilicus),
$^1/_6$ „	=	sextula,
$^1/_8$ „	=	drachma,
$^1/_{24}$ „	=	scrupulum, scriptupulum,
$^1/_3$ „	=	Lupinus,
$^1/_6$ „	=	siliqua.

Von grösseren Gewichten waren das 100 Pfundgewicht Centumpodium in Gebrauch. Das Gewicht hatte seine Beziehung zum Maasse darin, dass die Amphora Wassergewicht zu 80 Pfunden bestimmt war und darin liegt zugleich das einfache Verhältniss zum attisch-solonischen Gewichte. Bei dem letzteren war das Talent in 60 Minen, in Rom das Gewicht des gleichen Wasservolumens in 80 Pfunde getheilt, folglich sind 3 attische Minen = 4 römischen Pfunden. Die Feststellung dieser Grösse des Pfundes fand aber zuerst, wie oben erwähnt ward, aus dem äginäischen Gewichte so statt, dass das römische Pfund = $^9/_{10}$ äginäische halbe Minen gesetzt wurde, und dann folgt eben jenes angeführte Verhältniss zur attischen Mine, denn diese beträgt $^3/_5$ äginäische Mine, während das römische Pfund $^9/_{20}$ äginäische Mine ausmacht, folglich verhält sich die attische Mine zum römischen Pfunde wie $^{12}/_{20}$ zu $^9/_{20}$ oder wie 4 : 3.

Das auf $^9/_{10}$ äginäische halbe Minen festgestellte römische Pfund war das Münzpfund und dasjenige, nach dem zunächst die Maasse normirt wurden. Dies schliesst indessen nicht aus, dass nicht neben demselben im Verkehre etwas kleinere oder grössere Pfunde vorgekommen sein können. Böckh weist sogar solche Pfunde nach, die dann zu Abwägungen bei bestimmten Waaren gedient haben mögen. So ist es z. B. sehr wahrscheinlich, dass die volle halbe äginäische Mine, also $^{10}/_9$ römische Pfunde, sich im Verkehre neben dem römischen Pfunde erhalten hat.

c. Längenmaasse.

Zum Grundmaasse der römischen Längenmaasse, dem römischen Fusse, gelangt man folgerichtig, indem die Seite des Kubus vom Wassergewicht der Amphora, d. h. die Seite des kleinen babylonischen Talentvolumens, aufgesucht wird. Diese beträgt aber, wie oben angegeben, 131,736 pariser Linien. Dies wäre das genaue Verhältniss, welches, mit dem griechischen Fusse verglichen, kein einfaches sein konnte, denn da der griechische Kubikfuss $^{10}/_9$ des Amphoravolumens beträgt, so mussten die Fussmaasse im Verhältniss $\sqrt[3]{10} : \sqrt[3]{9}$ stehen. Es ist daher sehr möglich, dass man sich wegen des Verkehres mit Griechen-

land für das Fussmaass mit einem angenäherten Verhältnisse, welches für den griechischen zum römischen Fuss wie 25 : 24 angegeben wird, begnügt hat. Dies würde dann, von dem oben berechneten griechischen Fusse von 136‴,445 Länge ausgehend, 130‴,986 par. M. für den römischen Fuss betragen. Böckh nimmt 131‴,15 als die im Verkehr gebrauchte Länge an, Cagnazzi 131‴,3, so dass also das berechnete strenge Verhältniss und die berechnete Annäherungszahl fast genau jene Grösse als Mittelwerth ergeben würden. Da überdies die Abweichungen sehr unbedeutend sind, so kann unbedenklich die oben berechnete Grösse von 131‴,736 par. M. beibehalten werden.

Um an diesem einen Beispiele des römischen Fusses das Verhältniss des theoretisch festgestellten Werthes zu den zahlreichen Werthen nachzuweisen, welche entweder direkt durch Abmessungen an alten Maassstäben, oder an Dimensionen erhaltener Gebäude, oder an Wegestrecken oder endlich durch Berechnung aus anderen erhaltenen Maassen von vielen verschiedenen Beobachtern gewonnen wurden, diene die folgende Zusammenstellung aus Jomard's Werk:

		pariser ‴	Meter.
nach	Grignon (altes Maass)	130,60	0,2946
„	Astolfi (römische Meile)	130,44	0,2943
„	R. de l'Isle (Amphora)	130,60	0,2946
„	Barthélemy und Jacquier (Maass)	130,66	0,2948
„	L. Paetus und Fabretti	130,60	0,2946
„	Scaccia (Wegstrecke)	130,68	0,2948
„	L. Paetus (Maass)	130,70	0,2948
„	Revillas (Maass)	130,75	0,2950
„	desgl. desgl.	130,94	0,2953
„	Picard (congius)	131,00	0,2956
„	la Hire (Tempel)	131,00	0,2956
„	Revillas (Maass)	131,08	0,2958
„	Auzout (Maass)	131,10	0,2959
„	Greaves desgl.	131,20	0,2961
„	Cagnazzi (Gewicht)	131,33	0,2962
„	Revillas (Maass)	131,41	0,2965
„	Auzout desgl.	131,50	0,2968
„	Picard desgl.	131,50	0,2968
„	la Hire (Tempel)	131,60	0,2970
„	Fabretti (Maass)	131,80	0,2974
„	la Hire (Tempel)	131,90	0,2977
„	Cassini (Weg)	132,00	0,2979
„	la Hire (Tempel)	132,00	0,2979

Aus dieser Liste ist ersichtlich, dass der berechnete strenge Werth von 131‴,736 sowohl als der Näherungswerth 130‴,986 innerhalb der Abweichungen liegen, welche die beobachteten Grössen zeigen.

Die wichtigsten der römischen Längenmaasse sind nun folgende:

Ulna ist ein unbestimmtes Ellenmaass,

Cubitus die Elle von $1\frac{1}{2}$ Fuss,

Palmipes = $1\frac{1}{4}$ Fuss,
1 Fuss, pes = 4 Palmen = 12 Zoll (uncia) = 16 digitos,
die Ruthe, pertica, kommt in verschiedenen Längen von 10, 12, 16 bis 27 Fuss vor,
passus geometricus ist $\frac{1}{2}$ Ruthe = 5 Fuss,
1 Meile = 1000 Schritt = 5000 Fuss.

d. Flächenmaasse.

Das hauptsächlichste Landmaass war das jugerum, Juchart, ein Landstück von 240 Fuss Länge und 120 Fuss Breite, also 28800 römischen Quadratfuss oder 2543,41 Quadratmeter.

Diese Maasse erhalten nun mit den obigen Grössenbestimmungen folgende Werthe.

a. Raummaasse.

	pariser Kub.″	Liter.
Amphora	1323,043	26,2444
Congius	165,380	3,2806
Sextarius	27,563	0,5468

b. Gewichte.

	pariser Gran	Grammen.
Centumpodium	616500,00	32745,280
Libra	6165,00	327,453
Uncia	513,75	27,288
Drachma	64,22	3,411
Scrupulum	21,41	1,137

c. Längenmaasse.

	pariser Maass	Meter.
Milliarium	5489′,	1486,
Cubitus	197‴,604	0,44576
Pes	131‴,736	0,29717

Mit dieser kurzen Uebersicht mögen die Maasse der alten Kulturvölker abgeschlossen werden, da es bei der geringen Bedeutung jener Maasse für naturwissenschaftliche Untersuchungen sich nicht rechtfertigen liesse, wenn weiter in die Diskussion über die gegebenen Zahlen eingegangen würde. Die angehängte Literatur giebt überdies Jedem vorkommenden Falles die Hülfsmittel zu speciellen Untersuchungen [1].

[1] Hier mag noch bemerkt werden, dass die Berechnungen, welche oben von einem Maasse, dem römischen Pfunde, ausgehen, nach der Böckh'schen Hypothese durchgeführt sind. Es dient gewiss zur Empfehlung dieser Hypothese, wenn man sieht, wie genau die Zahlen für die griechischen und römischen Maasse mit denen neuerdings von Hultsch unabhängig von jener Hypothese sorgfältig zusammengestellten übereinstimmen. Beispielsweise sind einzelne Hauptwerthe nebeneinander gestellt:

	oben nach Böckh's Hypothese		nach Hultsch	
Medimnos	52,49	Liter	52,53	Liter
attische Mine	436,6	Grammen	436,6	Grammen
griechischer Fuss	0,3078	Meter	0,3083	Meter
Amphora	26,24	Liter	26,26	Liter
römisches Pfund	327,45	Grammen	327,45	Grammen
römischer Fuss	0,2972	Meter	0,2957	Meter.

Die Grossartigkeit des alten Maasssystemes, die wir trotz aller Blüthe der Naturwissenschaften noch heut nicht wieder erreicht haben, wenn wir auch in der Genauigkeit der Grössenmessung viel weiter vorgeschritten sind, war indessen die Veranlassung, hier so viel über diesen Gegenstand beizubringen, und möge die musterhafte Einfachheit in den theoretischen Beziehungen der bei den alten Völkern gebrauchten Maasse zum Schluss noch in den folgenden 3 Tafeln zur Anschauung gebracht werden.

§. 147. Tabellarische Vergleichung der alten Maasse.

I. Raummaasse des Alterthums.

	ptolemäischer Medimnos	babylonischer Metretes	attischer Medimnos	babylonischer Kubikfuss	attischer Metretes	griechischer Kubikfuss	römische Amphora	jüdisches Hin	griechischer Chus	römischer Sextarius	Liter.
Ptolemäischer Medimnos	1	1 1/5	1 1/2	1 4/5	2	2 7/10	3	12	24	144	78,7333
babylon., syrischer, äginäischer, spartanischer Metretes	5/6	1	1 1/4	1 1/2	1 2/3	2 1/4	2 1/2	10	20	120	65,6140
attischer Medimnos	2/3	4/5	1	1 1/5	1 1/3	1 4/5	2	8	16	96	52,4889
babylonischer Kubikfuss	5/9	2/3	5/6	1	1 1/9	1 1/2	1 2/3	6 2/3	13 1/3	80	43,7407
ägyptische Artabe; jüdisch. Bath; attischer Metretes	1/2	3/5	3/4	9/10	1	1 7/20	1 1/2	6	12	72	39,3667
griechischer Kubikfuss	10/27	4/9	5/9	2/3	20/27	1	1 1/9	4 4/9	8 8/9	53 1/3	29,1604
römische Amphora; römischer Kubikfuss	1/3	2/5	1/2	3/5	2/3	9/10	1	4	8	48	26,2444
jüdisches Hin	1/12	1/10	1/8	3/20	1/6	9/40	1/4	1	2	12	6,5611
griechischer Chus; röm. Congius	1/24	1/20	1/16	3/40	1/12	9/80	1/8	1/2	1	6	3,2806
jüdisches Log; griechisch. Xestes; römischer Sextarius	1/144	1/120	1/96	1/80	1/72	3/160	1/48	1/12	1/6	1	0,5467

II. Gewichte des Alterthums.

	babylon. Talent	euböisch. Talent	attisches Talent	äginäische Mine	attische Mine	römisches Pfund	Kilogramme.
Babylonisches, jüdisch., tyrisch., syrisches, äginäisches Talent	1	1 1/5	1 2/3	60	100	133 1/3	43,680373
alexandrinisches, euböisches, alt-attisches Talent	5/6	1	1 7/25	50	83 1/3	111 1/9	36,400314
solonisch-attisches Talent	3/5	18/25	1	36	60	80	26,496224
äginäische Mine	1/60	1/50	1/36	1	1 2/3	2 2/9	0,728062
attische Mine	1/100	3/250	1/60	3/5	1	1 1/3	0,436604
römisches Pfund	3/400	9/1000	1/80	9/20	3/4	1	0,327453

III. Längenmaasse des Alterthums.

	babylon. Elle	griech. Elle	babylon. Fuss	olymp. Fuss	römischer Fuss	arabischer Fetr	griech. Palme	griech. Dactylus	Millimeter.
Babylonische, heilige ägyptische, mosaische, josippäische Elle	1	$\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	$\frac{3}{2}\sqrt[3]{\frac{5}{3}}$	$\frac{12}{5}\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	$6\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	$24\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	528,51
gemeine ägyptische, kleine babylonische, griechische Elle	$\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	1	$\frac{3}{2}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}\sqrt[3]{\frac{10}{9}}$	$\frac{12}{5}$	6	24	461,70
babylonischer Fuss	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	1	$\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	$\sqrt[3]{\frac{5}{3}}$	$\frac{8}{5}\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	$4\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	$16\sqrt[3]{\frac{3}{2}}$	352,34
olympischer, ägyptischer Fuss	$\frac{2}{3}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	$\frac{2}{3}$	$\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	1	$\sqrt[3]{\frac{10}{9}}$	$\frac{8}{5}$	4	16	307,80
römischer Fuss	$\frac{2}{3}\sqrt[3]{\frac{3}{5}}$	$\frac{2}{3}\sqrt[3]{\frac{9}{10}}$	$\sqrt[3]{\frac{3}{5}}$	$\sqrt[3]{\frac{9}{10}}$	1	$\frac{8}{5}\sqrt[3]{\frac{9}{10}}$	$4\sqrt[3]{\frac{9}{10}}$	$16\sqrt[3]{\frac{9}{10}}$	297,47
ägyptische, arabische Fetr. Cassabeh	$\frac{5}{12}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{5}{8}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}\sqrt[3]{\frac{10}{9}}$	1	$\frac{5}{2}$	10	192,40
ägyptische, griechische Palme, arabische Qabdah	$\frac{1}{6}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}\sqrt[3]{\frac{10}{9}}$	$\frac{2}{5}$	1	4	76,95
ägyptischer, griechischer Dactylus, arabische Esbah	$\frac{1}{24}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{16}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}\sqrt[3]{\frac{10}{9}}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{4}$	1	19,24

Literatur zu den Maassen des Alterthums.

a. Alte Autoren.

HERODOT die betreffenden Stellen in Jomard's *Système métrique etc.* S. 293 *.
HERON in den Analectis Graecis der Benedictiner Cod. reg. N. 2724 und zwei Hauptstellen in Jomard S. 296 *.
DIDYMOS im Anhang zu A. MAI's Iliadis fragmentis.
EPIPHANIOS in Lemoine's Variis sacris; und in Jomard S. 295 *.
GALENUS in dessen Werken die Schriften der KLEOPATRA und des DIOSKORIDES bei Charlier Vol. XIII; bei Kühn Vol. XIX; bei H. Stephanus Thes. L. Gr. IV. 214 ff.; in Montfaucon griech. Paläographie S. 369.
FESTUS de verborum significatione, libri XX, ed. A. Dacier. Paris 1681.
Q. R. FANNIUS PALAEMON de ponderibus et mensuris in GRAEVE's Thesaurus ant. rom. T. XI.
Andere ältere metrologische Schriften wie von Scaliger, Lucas Paetus, Cenalis u. A. in JOH. GEO. GRAEVE (1623—1703) Thesaurus antiquitatum romanarum. 12 T. Fol. Venet. 1736, bes. in T. XI *.

b. Schriften über Maasse der Alten.

GU. BUDAEUS (1467—1540) de Asse et partibus ejus libri V. Paris 1514. 16. 24. 41. 42 *. 44. Basil. 1556.
LEONH. PORTIUS Tract. de ponderibus et mensuris. Basil. 1526.
MATTHAEUS HOST (1509—88) de veteribus mensuris, ponderibus et mensuris intervallorum romanis, graecis, hebraicis et externis. Francof. 1580—86. 3 Vol.
JOH. BAPT. VILLALPANDO (1553—1608) in Ezechielem commentarius. Romae 1596.
LUD. DE ALCAZAR (1554—1613) de sacris ponderibus et mensuris.
* JAC. CAPPELLUS (1570—1624) de ponderibus, nummis et mensuris libri V. Francof. 1606. 4.
* P. CIACONII TOLETANI (1525—81) Opuscula (de ponderibus, mensuris, nummis). Romae 1608. 8.
AD. RECHENBERG (1642—1721) Hist. rei nummariae veteris scriptores aliquot insigniores.
* JOH. FRIED. GRONOV (1611—71) de sestertiis libri IV. Amst. 1656. 8. Lugd. Bat. 1691. 4.
J. GREAVES (1602—52) *Discourse on the Roman foot and denarius.* London 1657.
ED. BERNARDUS (1638—97) de mensuris et ponderibus antiquis. Oxon. 1657. 88. 4.
Idem de mensuris concavis, ponderibus antiquis et mensuris distantiarum cet. London 1704.
JOH. BAPT. RICCIOLI (1598—1671) Chronologia et geographia reformata. Bonon. 1661.
N. PICARD (—1685) de mensuris distantiarum aridorum et liquidorum. *Mém. de l'Ac. d. sc.* 1666. T. VII.
CASSINI *Comparaison des mesures anciennes itinéraires avec les modernes. Mém. de l'Ac. d. sc.* 1702. p. 15.
* BARTHOL. BEVERINI (1629—86) Syntagma de ponderibus et mensuris cet., ed. WALCHII. Lucae 1711. Lips. 1714. Nap. 1719. 8.
DE LA HIRE *Sur les mesures itinéraires etc. Mém. de l'Ac. d. sc.* 1714. p. 394.
* J. C. EISENSCHMID (1656—1712) de ponderibus et mensuris veterum Romanorum, Graecorum, Hebraeorum cet. disquisitiones. Argent. 1708; 1737. 8. (Nach Grosse soll der angebl. Verfasser Stanislaus Grsepsius [† 1572] sein.)
J. ARBUTHNOT (1658—1735) *Tables of ancient coins, weights and measures.* Lond. 1727. 4., ins Latein. übers. v. DAV. KONIG. Traj. ad Rhen. 1756. 4. Lugd. Batav. 1764.
* DE LA BARRE *Sur la livre Romaine avec des remarques sur quelques mesures. Mém. de l'Ac. des inscr.* VIII. 372; 1733.
* Idem *Sur les mesures géographiques des anciens. Mém. de l'Ac. d. inscr.* XIX. 512; 1753.
* J. B. B. D'ANVILLE (1697—1782) *Sur la mesure du schêne Égyptien. Mém. de l'Ac. d. inscr.* XXVI. 82. 1759 (citirt in *Mém.* XLIX. 517; 1808).
* NIC. FRÉRET (1688—1749) *Essai sur les mesures longues des anciens. Mém. de l'Ac. d. inscr.* XXIV. 432; 1758.
CHRISTIANI *Delle misure.* Venet. 1760. 4.
* GIBERT *Sur les mesures anciennes. Mém. de l'Ac. d. inscr.* XXVIII. 212; 1761.
PANCTON *Métrologie ou traité des mesures, poids et monnaies des anciens peuples et des modernes.* Paris 1780. 4.
* ROMÉ DE L'ISLE *Métrologie ou tables pour servir à l'intelligence des poids et mesures des anciens.* Paris 1789. 4.; übers. v. G. GROSSE mit Berichtigungen von KÄSTNER. Braunschw. 1792. 8.
SICARDO *Specchio delle misure, pesi o monete romane colle loro valute attuali* in der Vorrede zu den *Rustici volgarizzati.* Venezia 1792.

* Lesparet *Métrologies constitutionelle et primitive comparées entre elles et avec la métrologie d'ordonnances.* Paris 1801. 2 Vol. 4.
P. F. J. Gosselin (1751—1830) in den *Recherches sur la géographie systématique et positive des Anciens.* 4 Vol. Paris 1798—1813.
Idem *Recherches sur le principe, les bases et l'évaluation des différents systèmes métriques linéaires de l'antiquité.* Paris 1819.
F. C. Matthias Kurze Uebersicht des römischen und griechischen Maass-, Gewichts- und Münzwesens. Frankf. 1809. 4.
* Ideler Ueber die Längen- und Flächen-Maasse der Alten. Abh. d. Berl. Ak. 1812. 13. S. 121.
Letronne *Considérations générales sur l'évaluation des monnaies Grecques et Romaines.* Par. 1817.
* E. Jomard *Mémoire sur le système métrique des anciens Égyptiens cet.* Paris 1817. Fol. (auch Vol. III der *Description de l'Egypte*).
Henr. Nicander Tal om de gamla Romerska Grechiska och Hebreiska Mätt Mäl och Vigtes.
* Joh. Frid. Wurm de ponderum, nummorum, mensurarum ac de anni ordinandi rationibus apud Romanos et Graecos. Stuttg. 1821. 8.
* Luc. de Samuele Cagnazzi über den Werth der Maasse und Gewichte der alten Römer; übers. v. J. J. Albr. v. Schönberg. Kopenh. 1828. 8.
Saigey *Traité de métrologie ancienne et moderne suivi d'un précis de chronologie et des signes numériques.* Paris 1834. 8.
Paucker Metrologie der alten Griechen und Römer. Dorpater Jahrb. f. Lit. Vol. V. 1835.
Rob. Hussey *Essai on the ancient weights and money, and the Roman and Greek liquid measures with an Appendix on the Roman and Greek foot.* Oxford 1836. 8.
* Muncke Art. Maass in Gehler's N. ph. W. VI. 1218 ff. 1836.
* A. Böckh (1785) Metrologische Untersuchungen über Gewichte, Münzfusse und Maasse des Alterthums in ihrem Zusammenhange. Berlin 1838. 8.
Fenner v. Fenneberg Untersuchungen über die Längen-, Feld- und Wegemaasse der Völker des Alterthums. Berlin 1859.
* Fr. Hultsch Griechische und römische Metrologie. Berlin 1862. 8.

3. Maasssysteme der neuen Zeit.

§. 148. Streben nach natürlichen Maassen.

Bis zur neuesten Zeit, von dem Verschwinden der alten Kulturvölker an, wurde keine durchgreifende Verbesserung der Maasssysteme ausgeführt. Es ist vielmehr nicht unwahrscheinlich, dass in den europäischen Ländern, die entweder unter römischer Herrschaft oder doch in vielfacher Beziehung zum römischen Reiche gestanden hatten, sich das römische Maass und Gewicht selbst oder danach modificirtes mit grösserer oder geringerer Uebereinstimmung erhielt.

Für den Verkehr genügte es, wenn man das übliche Maass durch Aufbewahrung von Normalen bei den Behörden der Stadt sicherte. Das Bedürfniss, das eigne Maass mit dem anderer Orte in Uebereinstimmung zu bringen, bestand entweder nicht, oder war nicht stark genug, um die mit der Aenderung des Maasses verbundenen Unbequemlichkeiten übersehen zu lassen. Die experimentalen Wissenschaften endlich, welche auf grosse Genauigkeit der Maassangaben besondern Werth legen müssen, entwickelten sich erst am Schlusse des Mittelalters und brauchten zunächst, mit der Ergründung allgemeiner Erscheinungen beschäftigt, auf das Problem der Maasse ihr Augenmerk nicht zu richten, weil für die vorkommenden Versuche die vorhandenen Maasse genügten.

Kaum vor dem 16. Jahrhundert dürfte auch nur ein Versuch vorkommen, die vorhandenen Maasse durch Vergleichung mit einer etwa in der Natur vorkommenden oder wie bei den Alten mit Kunst herzustellenden, für unveränder-

lich gehaltenen Grösse zu sichern, geschweige denn ein Versuch, auf eine solche Grösse unmittelbar ein neues Maasssystem zu gründen.

Dann aber waren die älteren solcher Vorschläge zur Vergleichung der üblichen Maasse mit einer normalen Grösse, also zu einem ähnlichen Verfahren, wie es jetzt bei der Vergleichung eines Fussmaasses mit dem Meter oder der Pendellänge benutzt wird, von denen MUNCKE [1] einige anführt, durchaus ungenügend, ebenso die ersten Ideen zur Aufstellung eines sogenannten natürlichen Maasssystemes.

Man sollte meinen, dass das Unstatthafte davon, Dimensionen von Naturgebilden als unveränderliche Grössen zu betrachten, nahe liegen müsste, und doch sind nicht allein viele Vorschläge gemacht worden, auf solche die Maasse zu beziehen, sondern es gründen sich unzweifelhaft viele Maasse auf solche Grössen, abgesehen natürlich von den Gliedern des menschlichen Körpers, die ursprünglich überall die ersten Längenmaasse abgegeben haben werden.

Vorgeschlagen wurden z. B., wie MUNCKE a. a. O. mittheilt, die Distanz der Pupillen, die Seiten der Bienenzellen u. s. w. Fanden diese Vorschläge auch keine Anwendung, so ist die ihrer Natur nach ganz ähnliche Begründung der Maasse auf die Dimensionen und das Gewicht von Früchten, namentlich Getreidekörnern, bei den Arabern und noch jetzt bei orientalischen Völkern bemerkenswerth.

Wenn die Araber auch, wie oben angeführt, die Maasse des Alterthums überkommen hatten, so haben sie doch deren Grösse, da ihnen die ursprüngliche Methode zur Bestimmung derselben fehlte, auf andere Weise, nämlich durch Vergleichung mit Gerstenkorn- und Haarbreiten, festzustellen gesucht, so soll z. B. die haschemäische Elle nach KALKASENDI 24 Fingerbreiten, die Fingerbreite zu 7 Gerstenkornbreiten, die Gerstenkornbreite zu 7 Maulthierhaarbreiten, enthalten. Aehnliche Bestimmungen sollen bei den Indern vorkommen, wo schon die Zahlenverhältnisse zu beweisen scheinen, dass ein nachträgliches Ausprobiren der Grösse eines schon vorhandenen Maasses stattgefunden hat.

Einzelnen Gewichten liegt unzweifelhaft eine gleiche Ableitung zum Grunde, was in unsern älteren Gewichtssystemen schon durch die Namen „Gran“ oder „Korn“ bezeichnet ist: das kleinste Gewicht war das von der Schwere eines Gerstenkornes. Ein ganz entsprechendes Gewicht ist der durch ganz Indien verbreitete Rati (Ratis, Retty, Ruttee), ein kleines rothes Saamenkorn von ungefähr $\frac{1}{8}$ Grammen Schwere.

Alle derartigen Bestimmungen haben begreiflicher Weise geringen Werth sowohl zur Erhaltung von Maassgrössen als zur Berechnung des Werthes von Angaben, die wir in Schriftstellern hiernach finden.

Literatur.

MUNCKE Artik. Maass in Gehl. N. ph. W. VI. 1254*.
C. CH. SCHRAMM Saxonia monumentis viarum illustr. Witeb. 1726. S. 131.
JAC. KÖBEL Geometrey. Frankf. 1584. 4. S. 4.
De nova mensura corporum universali praes. J. F. WEIDLERI disputabit C. G. SPINNER Witeb. 1727.

[1] Gehl. N. ph. W. VI. 1254*.

Leipziger Wochenblatt für Kinder. 1773. St. 110. S. 69.
Ueber die arab. Maasse s. Ed. Bernardus und Gosselin in der Lit. des vor. §.
Ueber den Ratis s. Ausland 1856, Nr. 49. S. 2060.

§. 149. Verschiedene natürliche Maasse.

Das Bestreben, aus der Natur selbst ein unveränderliches Maass zu entnehmen, wurde erst fruchtbar, als die Wissenschaft zu einer genaueren Kenntniss der physikalischen Gesetze und zu feineren Methoden, dieselben experimentell zu prüfen, gelangte. Nachdem Galilei die Gesetze des freien Falles und der Pendelbewegungen (1583) entdeckt hatte, ging noch geraume Zeit darüber hin, bis Huyghens 1657 in der Pendeluhr das feinste Hülfsmittel fand, sowohl die Gesetze der Pendelbewegungen und des freien Falles zu prüfen, als besonders auch genauere Zeitbestimmungen zu machen, als zuvor möglich gewesen war [1]. Mit der Lösung dieser Aufgabe war zugleich die Grundlage für die beiden natürlichen Maasse: das Pendel und die Dimension des Erdkörpers, gewonnen, welche in den neuern Maasssystemen Anwendung gefunden haben.

Ausser den genannten beiden Naturmaassen sind vor und während der Ausführung des metrischen Systemes in Frankreich noch andere in Vorschlag gebracht worden. So wollte A. Böhm den Fallraum eines Körpers in einer Sekunde als Grundmaass gewählt wissen, was aber offenbar nur eine versteckte Anwendung des Pendels ist, da wir diesen Fallraum eben erst mit Hülfe des Pendels ermitteln. Fr. C. Wild schlug den scheinbaren Sonnendurchmesser, in bestimmter Distanz gesehen, als Maasseinheit vor, wobei er, wie Muncke richtig bemerkt, übersah, dass die bestimmte Distanz eben schon ein festes Maass voraussetzt. Bei dem jetzigen Stande der physikalischen Wissenschaften würden wir fast aus jedem Gebiete der Physik ein unveränderliches Längenmaass entnehmen können, z. B. aus der Hydrodynamik die Seite eines Würfels von Wasser, der beim Ausfliessen des Wassers in bestimmter Zeit und unter bestimmten Umständen gefüllt wird [2]; oder aus der Hydrostatik die Weite des

---

[1] Allerdings ist schon vor Galilei von den Arabern das Pendel als Mittel zur Zeitbestimmung angewendet worden (nach den in A. v. Humboldt *Kosmos* II. 451 Anm. 9 und IV. 154 Anm. 12 angeführten Autoritäten am Ende des 10. Jahrhunderts durch Ebu Junis); ebenso hat nach Thom. Young Lect. 1807. I. 191; sec. ed. p. 147 Sanctorius in seinem Commentar zum Avicenna schon 1612 ein Instrument beschrieben, in dem das Pendel mit Räderwerk verbunden war, nichtsdestoweniger bleibt Galilei der Entdecker der Pendelgesetze und Huyghens der Pendeluhr.

[2] Ich führe dies Beispiel an, um zu zeigen, dass man allerdings auch ein Volumen als Naturmaass aufstellen könnte, und zwar ein solches, wie es dem Maasssysteme des Alterthums zu Grunde gelegt werden möchte. Wird die Aufgabe gestellt, ein kubisches Gefäss zu finden mit einer kreisrunden Oeffnung im dünnen Boden, deren Durchmesser $\frac{1}{n}$ der Würfelseite beträgt und welches, während es durch Zulassen von Wasser immer gefüllt erhalten wird, ein gleich grosses Gemäss in der Zeit t einmal füllen soll, so giebt es für bestimmte willkührlich festgesetzte n und t nur ein solches Gefäss. Denn nach der Formel für die Ausflussmenge Q des Wassers aus der dünnen Gefässwand ist, wenn μ den Contraktions- und Widerstandscoefficienten, r den Halbmesser der Oeffnung bedeutet: $Q = \mu r^2 \pi t \sqrt{4 gh}$. Setzt man z. B. $\frac{1}{n}$ soll $= \frac{1}{100}$ sein, t eine Stunde und nennt man h die Seite des zu suchenden Würfels, so ist $r = \frac{h}{200}$ und $Q = h^3$, dann folgt, wenn μ aus der Erfahrung $= 0{,}64 \cdot 0{,}97$ genommen wird:

$$h^3 = \frac{0{,}64 \cdot 0{,}97\, h^2 \pi \cdot 60 \cdot 60}{200^2} \sqrt{4 \cdot g \cdot h} = 220{,}82 \text{ Liter},$$

woraus

$$h = 0^{m}{,}6043 \quad \text{und} \quad \frac{h}{100} = 6^{mm}{,}043.$$

Haarröhrchens, in welchem eine bestimmte Flüssigkeit so hoch steigt, dass die gehobene Säule dem Durchmesser des Röhrchens gleich ist (Davy); oder aus der Akustik die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in einem gewissen Medium unter festgestellten Verhältnissen; oder aus der Optik die Wellenlänge eines Lichtstrahles bestimmter Brechbarkeit in einem Körper gegebener Beschaffenheit (Babinet) u. s. w.

Alle derartigen Vorschläge sind indessen überflüssig, nicht weil sie etwa unausführbar wären, sondern weil sie den Zweck verfehlen, den man überhaupt bei der Aufsuchung eines Naturmaasses verfolgt, ein Maass anzugeben, welches mit Sicherheit und möglichst leicht immer wieder zu derselben Grösse gefunden werden kann, wenn die vorhandenen Normalmaasse etwa mit dem Untergange der bestehenden Kultur vernichtet sein sollten und nur noch die Nachricht übrig geblieben wäre, wie wir zu der Maasseinheit gelangt seien. Diesen Zweck erreichen aber die auf die Pendellänge und die Dimensionen des Erdkörpers gegründeten Maasse vollständiger, als durch die Ausführung irgend eines andern Vorschlages möglich sein würde.

Literatur.

A. Böhm in Acta phil. med. soc. ac. sc. princ. Hassiacae 1771.
Fr. S. Wild *Essay sur une mesure universelle.* Laus. 1801.

§. 150. Erdumfang und Pendellänge als natürliche Maasse.

Obwohl Gradmessungen zur Erdgrösse schon im Alterthume und im frühen Mittelalter angestellt wurden (siehe das folgende Kapitel), so ist der Gedanke, den aus solchen Messungen berechneten und als unveränderliche Grösse zu betrachtenden Erdumfang als Grundlage für ein Maasssystem zu wählen, doch der neuern Zeit angehörig und müssen die entgegengesetzten Annahmen Jomard's und Paucton's, wie oben erwähnt, als unzulässig angesehen werden.

Der erste, welcher nachweislich einen solchen Vorschlag machte, war (1670) Gabriel Mouton, Astronom zu Lyon. Er wollte zur Maasseinheit die Länge einer Minute, auf dem Meridian gemessen, nehmen, welche Milliare heissen und nach dem Decimalsystem in Centuria, Decuria, Virga, Virgula, Decima, Centesima, Millesima getheilt werden sollte.

Das neufranzösische metrische System hat erst diesen Gedanken in anderer Weise ausgebildet, am nächsten hatte sich ihm das bis vor kurzem in Sardinien geltende Maass angeschlossen, bei welchem ein der Kreistheilung entsprechendes Stück eines Meridianbogens die Einheit des Längenmaasses ist [1].

Der Vorschlag, die Länge des einfachen Sekundenpendels als das natürliche Maass zur Begründung eines Maasssystemes zu wählen, war bereits einige Jahre vor der Mouton'schen Idee von Huyghens gemacht worden, nämlich 1664 [2]. Aus-

so kann also mit einem bekannten g die Grösse des Würfels im Voraus berechnet werden. Aber es ist klar, dass durch Abänderung von n, während l und ein beliebiges h^3 festgestellt wird, die Aufgabe empirisch gelöst werden kann, wo alsdann das nachträglich ermittelte Verhältniss von n zu h die Maasseinheit als ein natürliches Maass bestimmen würde.

[1] S. unten: Einzelne Maasssysteme, Sardinien.

[2] *Birch Hist. of the Roy.* Soc. I. 480.

führlich entwickelt Huyghens seine Ansicht in seinem 1673 erschienenen „Horologium oscillatorium“, wonach Einheit des Maasses der dritte Theil der Länge eines einfachen mittlere Zeit schlagenden Sekundenpendels sein und den Namen Zeitfuss (pes horarius) tragen sollte. Nun machte zwar Richer in demselben Jahre in Cayenne die Beobachtung, dass sein aus Paris mitgenommenes Sekundenpendel um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzt werden müsse, um in Cayenne ebenfalls Sekunden anzugeben, zeigte also, dass die Länge eines Pendels nicht durch die Zeitdauer seiner Schwingung allein bestimmt wird. Da indessen der Grund dieser veränderlichen Länge bald in der mit dem Breitengrade sich ändernden Grösse der Schwerkraft erkannt wurde, so konnte Huyghens bei seinem Vorschlage, das Pendel als natürliches Maass anzunehmen, stehen bleiben, wenn demselben hinzugefügt wurde, welcher Breite das Pendel angehören solle.

Der Beifall, welchen Huyghens' Vorschlag fand, liess erwarten, dass derselbe bei einer durchgreifenden Maassregulirung ausgeführt werden würde. Als nun in Frankreich das dringende Bedürfniss einer Maassregulirung in der französischen Revolution befriedigt werden sollte, verfiel man zuerst darauf, das Pendel als Maasseinheit anzuwenden, besonders da schon 40 Jahre zuvor zwei französische Gelehrte Bouguer und Condamine sich entschieden für dieses Maass ausgesprochen hatten. Bouguer wollte die Pendellänge unter dem 45sten Breitengrade, als die mittlere Grösse, als Maasseinheit gewählt wissen, Condamine empfahl die Pendellänge unter dem Aequator [1]. Ein auf Talleyrand-Périgord's Antrag von der Assemblée nationale am 8. Mai 1790 erlassenes Dekret bestimmte die Bildung einer Commission der Akademie der Wissenschaften, um den Entwurf zu einem auf der Pendellänge begründeten Maasssysteme auszuarbeiten. Die Mitglieder dieser Commission, Borda, Condorcet, Lagrange, Laplace und Monge, sprachen sich aber in einem am 26. März 1791 erstatteten Gutachten gegen die Pendellänge aus, weil die Reinheit des Systemes räumlicher Maasse durch die Einmischung eines fremden Elementes: der Zeit, getrübt werde, und weil ausserdem die zu Grunde zu legende Zeiteinheit, die mittlere Sekunde, willkührlich gewählt sei. Sie schlugen dagegen vor, durch eine Gradmessung die Grösse des Erdquadranten im Meridian zu bestimmen und dessen zehnmillionsten Theil als Maass zu nehmen, daneben aber die Länge des einfachen Sekundenpendels unter 45° Breite zu ermitteln, um diese Länge durch Beobachtungen festzustellen.

Durch die am 30. März 1791 in der Assemblée nationale erfolgende Genehmigung dieses Vorschlages wurde nun die Pendellänge als natürliches Maass in Frankreich beseitigt, indessen blieb das Augenmerk bei andern Nationen auf dieses Maass gerichtet. Namentlich in England wurden zahlreiche Untersuchungen über die Länge des Sekundenpendels und ihr Verhältniss zu den englischen Maassen ausgeführt und wenn auch in keinem der bisher genau normirten Maasssysteme entweder das Sekundenpendel oder ein rationaler Theil desselben

[1] Nachdem Bouguer, la Condamine und Godin ihre Gradmessungsarbeiten in Amerika beendet hatten, errichteten sie 1742 im Jesuiten-Collegium zu Quito ein Denkmal, auf dessen Marmortafel die Länge des einfachen Sekundenpendels mit der Unterschrift: Penduli simplicis aequinoctialis unius minuti secundi archetypus, mensurae naturalis exemplar, utinam universalis.

zur Einheit gewählt worden ist, so ist doch in den meisten das Verhältniss der Maasse zur Pendellänge als die Begründung des Maasssystemes festgestellt, also im Grunde die Pendellänge als die natürliche Maasseinheit angenommen worden.

Ueberdies giebt das genau ermittelte Verhältniss der Pendellänge zu der angenommenen Grösse des zehnmillionsten Theiles des Meridianquadranten oder dem Meter für jedes mit der Pendellänge verglichene Maass auch wieder eine Vergleichung mit dem Meter, so dass also sämmtliche normirte conventionelle Maasse als durch beide natürliche Maasseinheiten gesichert angesehen werden dürfen.

Literatur.

Gabriel Mouton Observationes diametrorum. Lyon 1670. p. 427 (erster Vorschlag, den Erdumfang zur Maasseinheit zu rechnen).

* Chr. Huyghens (erster Vorschlag, die Pendellänge zur Maasseinheit zu rechnen) Horologium oscillatorium sive de motu pendulorum ad horologia aptato. Parisiis 1673. Fol.

— Opera varia ed. s'Gravesande. Lugd. Bat. 1724. T. I. 17. 36.

In Picard *Mesure de la terre*, Paris, in T. VII der Collection der *Mém. de l'Ac. d. sc.* 1666.

G. Moll *Lettre sur l'initiative de la proposition d'une mesure invariable prise dans la nature. Journ. de phys.* LXXXIV. 388 * (gegen die Priorität des Vorschlages von G. Mouton und für Huyghens).

Bouguer *Figure de la terre déterminée.* Paris 1749. S. 300.

la Condamine *Mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère australe*, in *Journ. du voyage à l'Équateur.* Paris 1751. p. 163.

Whitehurst *An attempt towards obtaining invariable measures of length, capacity and weight from the mensuration of time on the true length of pendolums.* London 1787.

— übers. von Wiedemann. Nürnberg 1790. 4.

* Brisson *Essai sur l'uniformité des mesures. Hist. de l'Acad. de Paris.* 1788 (1791). p. 722.

Shuckbury Evelyn in *Philos. trans.* 88, 133. *An account of some endeavours to ascertain a standard of weight and measure.* 1798.

J. K. F. Hauff Darstellung eines natürlichen Maasssystemes, welches zur allgemeinen Aufnahme vor allen andern empfohlen zu werden verdient. Augsb. u. Leipz. 1809. 4.

Sabine *An account of experiments ...* S. 114.

§. 151. Grössenbestimmung der beiden natürlichen Längenmaasse.

Die Feststellung der wirklichen Grösse der beiden natürlichen Längenmaasse wird in dem folgenden Kapitel Gegenstand der speciellen Untersuchung sein, weil sie auf das engste mit den geodätischen Arbeiten zur Bestimmung der Figur der Erde zusammenhängt.

Hier wird es zur Charakterisirung der Maasssysteme hinreichen, zu prüfen, wie weit die Uebereinstimmung der durch die natürlichen Maasse beabsichtigten Grössen mit den gesetzlich in den Maasssystemen festgestellten reicht.

Die 1791 eingesetzte Commission der französischen Akademie sollte den Gradbogen zwischen Dünkirchen und Barcelona messen; Méchain und Delambre leiteten diese geodätischen Arbeiten, während Cassini und de Borda die Pendelbeobachtungen ausführten. Der Wohlfahrtsausschuss wünschte das neue Maass baldigst einzuführen, während die Gradmessungsarbeiten auf viele Hindernisse stiessen. Es ward deshalb vor Beendigung der Arbeit durch ein Gesetz vom 18 Germinal An 3 (7. April 1795) das neue Maass als *mètre provisoire et légal* eingeführt, welches sich auf die früheren Gradmessungen stützte, indem man voraussetzte, dass die neuern Arbeiten keine grossen Aenderungen bewirken würden. Nach jenen älteren Bestimmungen berechnete sich aber die Grösse des Meter auf 443‴,443 des altfranzösischen Maasses oder auf 0,513243 Toi-

sen. Inzwischen sollten die Arbeiten der Gradmessung durch eine Commission, bestehend aus Berthollet, Borda, Brisson, Coulomb, Delambre, Haüy, Lagrange, Laplace, Méchain, Monge, Prony und Vandermonde fortgesetzt werden.

Am 6 Florial An 7 (23. April 1799) gab endlich die Berichterstattungscommission, bestehend aus Ciscar, Delambre, Laplace, Legendre, Méchain, Tralles und van Swinden, nach Abschluss der Vermessungsarbeiten ihren Bericht ab, durch welchen bei einer angenommenen Abplattung der Erde von $\frac{1}{334}$ die Entfernung des Poles vom Aequator 5130740 Toisen beträgt und das Meter auf 443‴,2959 berechnet wurde. Durch ein Decret vom 19 Frimaire An 8 (10. Dec. 1799) ward darauf das neue Maass als *mètre vrai et définitif* zu 443‴,296 des altfranzösischen Maasses angenommen. Wie Dove bemerkt, fällt mit dieser gesetzlichen Bestimmung die ursprüngliche Definition des Meter als zehnmillionster Theil des Erdquadranten weg, insofern dadurch eine Berichtigung seiner Länge durch spätere genauere Messungen der Erde ausgeschlossen wird.

Theils neuere Messungen, theils Revision der Rechnungen haben nun allerdings für die ursprünglich bestimmte Grösse des Meter einen etwas abweichenden Werth ergeben. Bessel's Untersuchung, welcher 10 Gradmessungen zu Grunde liegen, giebt:

	Toisen
halbe grosse Achse der Erde	3272077,14
„ kleine „ „ „	3261139,33
Abplattung	$\frac{1}{299,1528}$
	Toisen.
Länge des Erdquadranten	5131179,81
(mit einem mittleren Fehler von	± 498,23)
„ eines mittleren Meridiangrades	57013,109
„ „ Aequatorgrades	57108,520
„ einer geographischen Meile	3807,23

Ein hiernach berechnetes Meter wird also

Toisen
0,513117981 = 443‴,334

betragen,

das *mètre vrai* ist = 443‴,296

ist also zu kurz um 0‴,038.

Seit Bessel's Untersuchung ist die grosse russische Gradmessung erst veröffentlicht worden, welche im Anschluss an die schwedischen Gradmessungen einen Bogen von 25° 20′ 8″ umfasst (von Hammerfest bis Ismail). Die Resultate dieser Arbeit ändern aber an den von Bessel gegebenen Zahlen nichts, indem die Abweichungen, wie Encke in ausführlichen Tabellen berechnet hat, sich innerhalb derselben Gränzen halten wie bei den früheren Gradmessungen.

Das Meter würde also, wenn es nach seiner Grundbestimmung als zehnmillionster Theil des Meridianquadranten wieder construirt werden sollte, nach

unseren jetzigen Kenntnissen von der Figur der Erde um etwa $\frac{1}{11,000}$ länger gefunden werden, als es jetzt wirklich ist.

Um in ähnlicher Weise die Zuverlässigkeit der Pendellänge als natürliches Maass zu prüfen, wird man fragen müssen, wie gross die Abweichung eines bestimmten, genau beobachteten Pendels, z. B. unter 45° Breite, von derjenigen Länge ist, die für jenes Pendel aus den Beobachtungen an anderen Orten berechnet werden kann. Denn es soll ja das Urmaass so beschaffen sein, dass es, wenn es verloren ging, durch die Beobachtungen, die aber möglicherweise an anderen Orten angestellt werden müssen, wieder aufgefunden wird.

Die Pendelbeobachtungen sind mit einer so grossen Genauigkeit ausgeführt worden, dass die Bestimmung einer einzelnen Pendellänge für einen gegebenen Ort bis auf $\frac{1}{135000}$ sicher betrachtet werden kann. Diese Gränze ist aber für unsere Frage nicht massgebend, weil die Reconstruction dieser Länge von der mit gleicher Sorgfalt an demselben Orte wiederholten Beobachtung abhängig sein würde. Beobachtungen an andern Orten sind aber mit den Abweichungen behaftet, welche von der unregelmässigen Figur der Erde und der verschiedenen Massenvertheilung herrühren, und man wird im Allgemeinen also durch die Berechnung einen etwas von der einzelnen Beobachtung abweichenden Werth erhalten.

Aus sämmtlichen ihm bekannten genauen Pendelbeobachtungen hat Muncke nach Biot's Vorgang eine Formel aufgestellt, um die Länge des einfachen Sekundenpendels bei 0° und reducirt auf den Meeresspiegel für jeden Breitengrad φ zu berechnen. Diese Formel giebt, die Maasse in engl. Zollen ausgedrückt, die Länge L

$$= 39{,}01673358 + 0{,}203228 \sin^2\varphi.$$

Nun fand z. B. Sabine die Pendellänge für Greenwich unter 51° 28′ 40″,4

$$= 39{,}13734,$$

während die Formel für diese Breite geben würde

$$39{,}14113.$$

Wäre also das Greenwicher Pendel die verlorene Maasseinheit gewesen, so würde man dieselbe durch die Beobachtungen an andern Orten um 0,0038 oder um etwa $\frac{1}{10,000}$ grösser wiedergefunden haben.

Bessel fand für Königsberg unter 54° 42′ 50″ die Pendellänge in pariser Linien

$$= 440{,}818,$$

die Berechnung nach der Formel, welche für dieses Maass lautet:

$$L = 439{,}318248 + 2{,}288303 \sin^2\varphi,$$

ergiebt für Königsberg

$$440{,}843;$$

das Pendel würde also um 0,025 Linien oder um etwa $\frac{1}{18000}$ grösser durch die Berechnung gefunden werden.

Aus dieser Vergleichung erhellt, dass das Pendel als natürliches Maass in Rücksicht auf die Genauigkeit, mit welcher es wieder aufgefunden werden kann, dem Meter mindestens gleich kommt, während es wegen der verhältnissmässig viel leichteren Beobachtung unbedingt den Vorzug hat.

Würde jetzt wieder die Frage aufgeworfen, auf welcher der beiden natürlichen Längen ein neues Maasssystem aufgebauet werden sollte, so würde nach den gemachten Erfahrungen zweifelsohne das Pendel den Vorzug erhalten, worüber sich Th. Young folgendermassen ausspricht [1]: „Es ist von geringer Bedeutung, woher die ursprüngliche Maasseinheit abgeleitet wird, wenn wir nur mit Leichtigkeit und Genauigkeit auf ihren Ursprung zurückgehen können. Ob das Normalmaass zuerst dem Umfange des Erdkörpers oder dem Fusse eines ausgezeichneten Mannes angepasst wurde, die Bequemlichkeit, andere Maasse mit demselben zu vergleichen, ist dieselbe. Es ist zugestanden, dass das Pendel die leichteste Methode darbietet, das Normalmaass wiederzufinden, wenn es verloren ging, und wenn es doch für die Commission der französischen Akademie nothwendig war, eine ganz neue Einheit zu bestimmen, wäre es vielleicht wünschenswerther gewesen, bei einer solchen zu bleiben, welche von einer späteren Vergleichung unabhängig war, statt nach einer ideellen Vollendung zu suchen, indem sie darauf ausging, ihr Maass nach einem grossartigen Originale zu copiren; abgesehen sei noch hierbei von der Unsicherheit wegen der Ellipticität der Erde und der wahrscheinlichen Unregelmässigkeit ihrer Form in verschiedener Hinsicht. Auf der andern Seite muss zugestanden werden, dass die genaue Bestimmung der Pendellänge zuweilen mehr Schwierigkeiten darbietet, als Laplace's Angabe uns anzunehmen veranlasst; wir können annehmen, dass eine Messung dieser Länge mit einem Fehler von einem Zehntausendstel des Ganzen behaftet ist."

In dieser letzten Bemerkung bezeichnet Th. Young ziemlich genau die Gränze der Sicherheit bei der Bestimmung der Pendellänge, wie wir oben gesehen haben, doch kannte er noch nicht die ebenso beträchtliche Abweichung des Meters von seiner festgesetzten Grösse, welche erst durch die späteren Gradmessungen ermittelt worden ist.

Fassen wir das Resultat über die Bestimmung der absoluten Grösse des Meter und Sekundenpendels zusammen, so ergiebt sich, dass beide Maasse zu einander und zur Toise du Pérou folgendes Verhältniss haben [2]:

$$\text{Meter} = 443''',296$$
$$\text{Sekundenpendel} = 439''',318248 + 2''',288303 \sin^2\varphi$$
$$\text{Sekundenpendel} = 0^m,991027015 + 5,161948 \sin^2\varphi,$$

mittleres Sekundenpendel unter 45° Breite

$$\text{nach Biot} = 0^m,993534239$$
$$\text{oder} = 440''',429754.$$

Literatur.

Base du système métrique décimal, ou mesure de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1792 et années suivantes, par M. M. Méchain *et* Delambre. T. I. Par. 1806; T. II. Par. 1807; T. III. Par. 1810. 4.

---

[1] Lect. sec. ed. S. 85*.

[2] Ueber die Temperatur, für welche diese Zahlen gelten und die Beschaffenheit der Maasse s. u. bei den einzelnen Maasssystemen.

Recueil d'observations géodésiques etc. (als T. IV *du Base métrique*) von Biot u. Arago. 1821. (Vollständiger Bericht über das ganze Unternehmen.)
Recueil de pièces relatives aux nouveaux poids et mesures de la république française.
Annales de Chimie. XX. 189 ff. (1797.)
Rozier Journ. de phys. XLIII. 169 ff. 1793.
(Die Berichte an das Nationalinstitut.)
Arbogast *Rapport sur l'uniformité et le système général des poids et mesures fait à la Convention-Nationale, au nom du comité de l'instruction publique.*
Ibid. XLIX. 98 ff. 1799.
van Swinden (et Tralles) *Sur la mesure de la méridienne de France et les résultats qui en ont été déduits pour déterminer les bases du nouveau système métrique.*
Dove über Maass und Messen. Berlin 1835. S. 7—14 *.
Muncke Art. Maass in Gehl. N. ph. W.
* Bessel Ueber einen Fehler in der Berechnung der französ. Gradmessung und seinen Einfluss auf die Bestimmung der Figur der Erde. Schum. Astr. Nachr. 1841. XIX. Nr. 438, S. 98—116.
s. A. v. Humboldt *Kosmos.* I. S. 172 ff. 420 ff. IV. 20 * ff. 150 * ff.
Faye *Leçons de Cosmographie.* 1852. p. 93.
* Bessel Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels. Abh. d. Berl. Ak. f. 1826; mathem. Abh. S. 1—256. Berlin 1828.
* Biot *Mémoire sur la figure de la terre. Mém. de l'Ac.* 1829. T. VIII. p. 1 ff.
* H. Kater *Phil. Trans.* 1818. Part I. S. 33. *An account of experiments for determining the length of the pendulum vibrating seconds in the latitude of London.*
Sabine *Phil. Trans.* 1831. Part II. S. 459. *Experiments on the length of the seconds pendulum at the Royal observatory of Greenwich.*
Liste beobachteter Pendellängen in Muncke Art. Pendel. Gehl. N. ph. W. VII. 375 u. 380 ff.

§. 152. Frankreich.

Die älteren in Frankreich bis in das 18. Jahrhundert hinein gebrauchten Maasse waren fast ebenso mannigfaltig wie in Deutschland, wo jede Stadt an ihrer besonderen Elle u. s. w. festhielt. An Versuchen zur Regelung dieser Verhältnisse fehlte es nicht, doch haben diese früheren Maassregulirungen für naturwissenschaftliche Untersuchungen nur geringes Interesse, da man es weder mit scharfen Maassbestimmungen, noch mit eigenthümlichen Maasssystemen zu thun hat [1].

Von Wichtigkeit ist aber das im J. 1735 bestimmte Maass der Toise geworden, theils weil sich auf die Länge desselben das Meter bezieht, theils weil dieses Maass noch jetzt bei naturwissenschaftlichen Beobachtungen in Anwendung kommt.

Als die älteren Gradmessungen von P. Picard einerseits und Cassini andererseits einander widersprechende Resultate über die Figur der Erde ergeben hatten, wurden auf Veranlassung der französischen Akademie zwei Expeditionen ausgerüstet, um neue Gradmessungen in möglichst von einander entfernten Gegenden anzustellen. Diese beiden Expeditionen, die von la Condamine und Bouguer, welche nach Südamerika, und die von Maupertuis und Clairaut, welche nach Lappland ging, nahmen genau übereinstimmende Toisen zur Messung der Basis mit, die sogenannte Toise du Pérou (welche also mit der Toise du nord gleichbedeutend ist). Die Toise du Pérou ist 1735 von Langlois verfertigt, sie ist ein Maassstab von Eisen, ein sogenannter Etalon à bouts, welcher seine richtige Länge bei 13° R. hat [2].

[1] Aeltere franz. Maasse findet man u. A. mit den neueren verglichen in dem oben angeführten Werke von Lesparat. Paris 1801.
[2] S. Beschreibung des Maasses in der *Base métrique.* III. 405.

Das System der Maasse war dann folgendes:

a. Längenmaasse.

1 Toise	= 6 Fuss (Pied du Roi),
1 Fuss	= 12 Zoll à 12 Linien,
1 Lieue	= 2283 Toisen,
1 Lieue marine	= 2854 „

b. Flächenmaasse.

Perche de Paris	= 324	Quadratfuss,
„ des eaux et forêts	= 484	„
Arpent de Paris	= 32,400	„
„ des eaux et forêts	= 48,400	„

c. Raummaasse für Flüssigkeiten.

Gallon	Pinte	Chopine	Poison (Posson)
1 =	4 =	8 =	16 (auch 32)

Muid	Feuillette	Quartant	Velte	Pinte
1	2	4	36	288

die Pinte enthält 46,95 Kubikzoll.

Für trockne Sachen.

Muid	Setier	Mine	Minot	Boisseau	Quart	Litron
1	12	24	48	144	576	2304

der Boisseau enthält 655,78 Kubikzoll.

d. Gewicht (Poids de marc).

Das alte Normalgewicht war ein Gewicht von 50 Mark, Pile de Charlemagne genannt [1]; die übliche Theilung des Gewichtes war dann:

Livre	Marc	Once	Gros	Denier	Grain
1	2	16	128	384	9216

und betragen 18827,15 Grains ein Kilogramm.

Das neufranzösische oder metrische Maasssystem ist ein rein dekadisches. Die Bezeichnung der Maasse erfolgte namentlich nach dem Vorschlage von van Swinden, wonach das Vielfache jeder Einheit durch griechische, die Theile jeder Einheit durch lateinische Zahlwörter benannt wurden. Grundmaass ist das Meter, ein sogenannter Etalon à bouts, der aus Platina (von Lenoir) verfertigt ist und seine richtige Länge bei 0° C. hat. Diese richtige Länge beträgt 443''',295936 des altfranzösischen Maasses.

Da aber die Normaltoise ein Maassstab von Eisen ist und ihre richtige Länge bei + 13° R. hat, so ist das Normalmeter mit der Normaltoise bei der Temperatur von 0° mit einander verglichen:

$$443''',295936 \ (1 + 13 \cdot 0{,}00001445)^2$$
$$= 443''',379209.$$

[1] Aeltere Vergleichungen dieses Gewichtes mit denen anderer Länder s. Tillet. *Mém. de l'Ac.* 1767. p. 350

[2] 0,001156 ist der von de Borda für Eisen gefundene Ausdehnungscoefficient zwischen 0 und 80° R. und dieser Coefficient sollte nach der Angabe der Mitglieder der französ. Commission genau auf die Toise du Pérou passen.

Genau richtige Maassstäbe von Metermaass und Toisenmaass, von gleichem Metalle verfertigt, haben also dies letztere Längenverhältniss, was bei feinen Untersuchungen berücksichtigt werden muss, während für die gewöhnlichen Bestimmungen das oben angegebene Verhältniss 1 Meter = 443''',296 genügt.

Das System der Maasse ist nun folgendes:

a. Längenmaasse. Einheit: das Meter (von μέτρον).

Myriameter	Kilometer	Hektometer	Decameter	Meter
1	10	100	1000	10,000

Meter	Decimeter	Centimeter	Millimeter
1	10	100	1000

b. Flächenmaasse. Einheit: die Are (von arare), ein Quadrat von 10 Meter Seite.

Hektare	Are	Centiare
1	100	10,000

c. Raummaasse für Flüssigkeiten. Einheit: das Litre (von λίτρα), ein Kubus von 1 Decimeter Seite.

Kilolitre	Hektolitre	Dekalitre	Litre	Decilitre
1	10	100	1000	10,000

Für Holz. Einheit: die Stère (von στερεός), ein Kubikmeter.

Dekastère	Stère
1	10

d. Gewichte. Einheit: das Gramm (von γράμμα), das Gewicht eines Kubikcentimeter Wasser von der Temperatur 4° C.

Millier	Quintal	Kilogramme	Hektogramme	Gramme
1	10	1000	10,000	1,000,000

Gramme	Decigramme	Centigramme	Milligramme
1	10	100	1000

Die Grundbestimmung für die Grösse des Gewichtes ergab sich aus der von Lefèvre-Gineau und Fabroni angestellten Abwägung eines von Fortin angefertigten messingenen Cylinders von 0,0112400054 Kubikmeter Inhalt in Wasser von 17°,6 C. Das Normalgewicht ist ein Kilogramme aus Platin, von Fortin gefertigt, welches bei 0° und auf den luftleeren Raum reducirt, sein richtiges Gewicht hat, also dann ebensoviel wiegen soll, als 1000 Kubikcentimeter Wasser von der grössten Dichtigkeit (+ 4° C.) auf den luftleeren Raum reducirt [1].

Die Normalen der Maasse befinden sich im Staatsarchive Frankreichs, genau gleiche Copien im Bureau des longitudes.

---

[1] Bemerkt zu werden verdient, dass die für den Gebrauch angefertigten Gewichte etwas schwerer gehalten werden, als nach der Normalbestimmung der Fall sein müsste. Nach den sogenannten „Toleranzbestimmungen" des Gesetzes darf von messingenen Gewichten schwerer sein als das Normal:

1 Kilogr. um 0,15 Grammes
0,5 „ „ 0,1 „'

Dieses Mehrgewicht findet man häufig bei übrigens genau gearbeiteten Gewichtssätzen. Nach Chelius kann man 10001 genaue Grammen gleich 10000 der für den Gebrauch verfertigten (tolerirten) Grammen setzen.

Ausser den metrischen Maassen wurden durch ein Decret vom 12. Februar 1812 [1] noch folgende, den alten Maassen im Grössenverhältniss näherstehende Maasse bestimmt:

1 Toise	=	2 Meter	=	1,026148	alte	Toisen,
1 Pied	=	$\frac{1}{3}$ „	=	1,026148	„	Fuss,
1 Aune	=	1,2 „	=	1,00972	„	Ellen,
1 Boisseau	=	12,5 Liter	=	630,16	„	Kubikzoll,
1 Livre	=	0,5 Kilogramme	=	1,021438	„	Pfund.

Literatur.

Ueber franz. Maasse s. ausser den im vorigen §. angegebenen Schriften in:

S. A. Tarbé *Manuel pratique et élémentaire des poids et mesures.* 8e éd. Par. 1807. 12. 9e éd. Par. 1813.

v. Vega Natürliches Maass-, Gewichts- und Münzsystem. Hrsgeg. von A. Kreil. Wien 1803.

Geo. Kasp. Chelius Maass- und Gewichtsbuch. 3. Ausg. herausgeg. von J. F. Hauschild. Frankf. a. M. 1830. 8.

§. 153. Metrisches System in andern Staaten.

Die Erwartung, welche man in Frankreich bei der Begründung des metrischen Systemes hegte: dass dasselbe als ein natürliches und folgerichtiges von allen andern Völkern werde angenommen und somit die Verbreitung eines und desselben Maasses und Gewichtes werde erzielt werden, ist nun zwar durchaus nicht in Erfüllung gegangen, da nur wenige Staaten das französische Maasssystem unverändert aufgenommen haben. Selbst in Ländern, in welchen während des französischen Kaiserreiches das metrische System eingeführt war, wurde es nach dem Sturze Napoleon's wieder abgeschafft. Bei den unläugbaren Vorzügen des metrischen Systemes erklärt sich der mangelhafte Erfolg desselben grösstentheils aus den ungewöhnlichen, den Verkehrsbedürfnissen nicht entsprechenden Maasseinheiten. Mit Abänderung dieser Einheiten dagegen ist das metrische Maass in mehren Ländern eingeführt oder zur Einführung empfohlen worden (Baden, Grossh. Hessen, Schweiz u. s. f.) und ist endlich in der neuesten Zeit wenigstens für das Gewicht eine umfassende Maassregel, welche die verschiedenen Pfundmaasse vieler Staaten mit dem Kilogramm in einfache Beziehung setzt, zur Ausführung gelangt.

Im Anschluss an das französische metrische System sind hier die Maasse der Länder zu erwähnen, welche unmittelbar das metrische System annahmen oder dasselbe modificirten.

a. Holland und Belgien.

In Holland bestand bereits in frühen Zeiten eine sorgfältige Aufsicht über Maass und Gewicht; so findet sich z. B. im Haag noch das Original-Troypfund vom Jahre 1554, welches sich bei den genauen Prüfungen von van Swinden nur um weniger als 3 Decigramm von dem Amsterdamer Troypfunde, nach welchem Anfangs des Jahrhunderts gemünzt wurde, verschieden fand.

---

[1] S. dasselbe bei Kupffer, *Travaux de la commission etc.* I, 232.

Die wichtigern ältern holländischen Maasse, welche für die Angaben der Schriftsteller von Interesse sind, hat VAN SWINDEN untersucht und kann man hiernach setzen:

der rheinländische Fuss zu Amsterdam (= 12″ = 144‴)
= 313^{mm},946 = 139,17 par. Lin.,
der amsterdamer Fuss (= 11″ = 88 Achtel ″)
= 283^{mm},133 = 125,51 par. Lin.,
die amsterdamer Elle = 687^{mm},81 = 304,9 par. Lin.

Hohlmaasse waren:

Vat	Oxhoofd	Aam	Anker	Steekan	Stoop
1	4	6	24	48	384

Stoop	Mengel	Pint	Mutsje
1	2	4	8

die Steekan = 19,403 Liter = 978,15 par. Kub.″.

Gewichte.

Troypfund	Mark	Unze	Engels	Vierling	Troiske	Deuske	As
1	2	16	320	1280	2560	5120	10240

Ein Troypfund = 0,4921677 Kilogr.
Ein Handelspfund à 32 Loth = 10280 holl. Asen = 494,09 Grammes.

Da nach der Einverleibung Hollands in das französische Kaiserreich im J. 1810 in den südlichen Provinzen das metrische System bereits Eingang gefunden hatte, so wurde nach Wiederherstellung des Königreiches durch ein Dekret vom 29. März 1817, zu Brüssel erlassen, das metrische System im Interesse des innern Landesverkehres als das allein gesetzmässige Maass und Gewicht verordnet; wobei die holländischen Bezeichnungen der Maasse beibehalten, ihre Werthe aber denen des französischen Systems gleich gesetzt wurden.

Die entsprechenden Bezeichnungen sind:

Mijl	Roede	Elle	Palm	Duim	Streep
Kilometer	Dekameter	Meter	Decimeter	Centimeter	Millimeter

Bunder = Hektare

Wisse = Stère

Flüssigkeiten:	Vat	Dekaliter	Kan	Maatje	Vingerhoed
	Hektoliter		Liter	Deciliter	Centiliter
trockne Sachen:	Mudde	Schepel	Kôp	Maatje	

Pond	Once	Lood	Wigtje (Engel)	Korrel
Kilogramm	Hektogramm	Dekagramm	Gramme	Decigramm.

Die neuen Maasse sollten gemäss königl. Beschlusses vom 8. Nov. 1820 mit dem Jahre 1821 in Gebrauch kommen. Die theoretische Uebereinstimmung des niederländischen und metrischen Maasses ist nach KUPFFER's Messungen in

den Normalmaassen nicht vollkommen praktisch ausgeführt worden, vielmehr sind die niederländischen Maasse etwas zu gross

nämlich 1 Elle = 1,00021 Meter
und 1 Pond = 1,00024 Kilogramm.

Literatur.

VAN SWINDEN Verhandeling over volmaakte Maaten en Gewigten. Amst. 1802. 8.
— Onderrigt over het Gewigt, de Gehalte en den prijs van Goud en Zilver. Amst. 1811.
— Vergelykings Tafels. Amst. 1812.
— Inlichtingen over het invoeren en het gebruik van het nederlandsch Pond etc. Amst. 1320.
(J. H. SCHUHKRAFFT) Uebersicht der Anwendung des metrischen oder Decimal-Systems im Königreich der Niederlande. Rotterdam 1821. 8.
CHELIUS a. a. O. S. 88 ff.
MUNCKE a. a. O. S. 1358.
KUPFFER a. a. O. S. 108*.

b. Lombardisch-venetianisches Königreich.

Im lombardisch-venetianischen Königreiche wurde durch ein Gesetz vom 27. October 1803 das metrische System mit italienischen Benennungen eingeführt. Neben diesen, wesentlich nur bei den Behörden gebrauchten Maassen sind aber die verschiedenen älteren Maasse in Gebrauch geblieben. Die Bezeichnungen des italienischen metrischen Systemes sind mit den entsprechenden französischen zusammengestellt:

Metro	Palmo	Dito	Atomo	
Meter	Decimeter	Centimeter	Millimeter	
Soma	Mina	Pinta	Cappo	
Hektoliter	Dekaliter	Liter	Deciliter	
Libbra metrica	Oncia	Grosso	Denaro	Grano
Kilogramm	Hektogramm	Dekagramm	Gramm	Decigramm.

Dies Kilogramm ist in Wirklichkeit etwas schwerer als das französische,
nämlich = 1,00016 franz. Kilogramm.

Literatur.

KUPFFER *Travaux de la commission etc.* I. 100*; s. daselbst auch die älteren Maasse verschiedener Orte der Lombardei, so wie ferner über diese:
KELLY *Universal Cambial and Commercial Instructor;* ed. 2. London; französ. Uebers. Paris 1823. 2 Vol. 4.
CHELIUS a. a. O.
MUNCKE a. a. O. 1384*.
ORIANI *Istruzione su le misure e su i pesi che si usano nel Regno d'Italia, ed. sec.* Milano 1806. 8. (ed. I. 1801).

c. Spanien.

In Spanien ist durch ein Gesetz vom 14. Juli 1849 das metrische System unverändert angenommen worden und sollte mit dem Jahre 1859 in Kraft treten. Die früheren spanischen Maasse werden weiter unten erwähnt.

d. Sardinien.

Die erste genauere Vergleichung sardinischer und französischer Maasse (der Toise etc.) war von BECCARIA ausgeführt worden. Nach Begründung des

metrischen Systemes ward von VASSALLI-EANDI abermals das sardinische Maass mit dem metrischen verglichen. 1812 wurde von KARL EMANUEL ein gleichmässiges Maass für das ganze Königreich vorgeschrieben, doch wurde in diesem Gesetze die genaue Grösse der Maasse nicht festgestellt. Erst im J. 1816 stattete die Turiner Akademie einen Bericht über die ihrer Meinung nach zweckmässigste Einrichtung des sardinischen Maasssystemes ab, wodurch die Grössen der Maasseinheiten in folgender Weise bestimmt werden: Einheit des Längenmaasses ist der 60ste Theil der Sekunde eines mittleren Meridiangrades oder $\frac{1}{19440000}$ des Erdquadranten, welcher den Namen des Piede Liprando führt (der Name des früheren Fusses, mit welchem die so bestimmte Länge sehr nahe übereinkommt).

Es sind also 19440000 sardinische Fuss = 10 Mill. Millimeter oder 1 Piede Liprando sollte = $0{,}514\dot{4}03$ Meter sein; bei der wirklichen Vergleichung fand KUPFFER nur 0,51365 Meter, es ist also der wirkliche Piede Liprando etwas zu kurz.

Für das Gewicht ist bestimmt, dass ein Drittel Kubikfuss des dichtesten Wassers 164 Unzen wiegen soll, von denen 12 auf das Pfund gehen. Daraus würde folgen

$$1 \text{ Pfund} = \frac{12}{164}\, 0^3{,}71468 \text{ Kilogr.} = 0{,}368876 \text{ Kilogr.},$$

womit KUPFFER's Vergleichung sehr genau übereinstimmt.

Das Hohlmaass für trockne Sachen soll zur Einheit die Emina von 750 Unzen Wasser enthalten, welches giebt 1 Emina = 22,055 Liter.

Die Brenta, das Hohlmaass für Flüssigkeiten, = 1604 Unzen Wasser Inhalt oder = 49,1835 Liter.

Seit dem 1. April 1850 sind diese alten sardinischen Maasse für das Festland des Königreiches Sardinien ausser Kraft getreten und statt dessen das metrische Maass eingeführt worden.

Literatur.

CHELIUS a. a. O. S. 331 *.
MUNCKE a. a. O. S. 1384 *.
A. M. VASSALLI-EANDI *Saggio del nuovo Sistema metrico col rapporto delle nuove misure alle antiche misure Francesi ed a quelle del Piemonte.* Ed. 3. Torino 1806. 8.
KUPFFER a. a. O. I. 254 *.
Rapport de l'Académie des sciences de Turin etc.
Memor. della Reale Academia delle Scienze di Torino. XXV. Torino 1822. 4.

e. Neapel.

Für das Königreich beider Sicilien wurde durch eine Ordonnanz des Königs JOACHIM NAPOLÉON unterm 19. Mai 1811 die Einführung des metrischen Systemes angeordnet. Die neuen Maasse sollten mit dem Jahre 1812 in Gebrauch kommen; indessen ist die Verfügung nicht in Kraft getreten.

Dagegen war bei dieser Gelegenheit durch eine aus GIUS. CONTI, LUIGI DE RUGIERI, RAPH. MINERVINO und LUCA CAGNAZZA bestehende Commission eine genaue Vergleichung der in Neapel gebräuchlichen Maasse mit den französischen vorgenommen worden, welche das Material zu der neuesten Maassregulirung

gegeben hat. Obgleich nun hierbei das metrische System nicht angenommen ward, so können doch die neuen neapolitanischen, wie vorher die älteren piemontesischen Maasse, an dieser Stelle erwähnt werden, weil beide wie das Metermaass sich in einfacher Weise auf die Dimensionen des Erdkörpers gründen und die Grösse für die Einheit des Längenmaasses unmittelbar dem französischen Maasse entnommen ist.

Vorschläge zu einem neuen Maasssysteme in Neapel wurden 1838 von Carlo Afan de Rivera veröffentlicht und dieselben erhielten durch eine Ordonnanz vom 6. April 1840 gesetzliche Sanction. Die Hauptbestimmungen sind folgende:

1. Einheit des Längenmaasses ist der Palmo, der 7000ste Theil einer Minute des mittleren Meridiangrades oder auch der 7000ste Theil des italienischen Miglio der Seemeile, deren 60 auf einen mittleren Meridiangrad gehen. Der Palmo wird decimal getheilt und 10 Palmen machen eine Canna. Die legale Grösse des Palmo ist $0^m,26455$. Die wirkliche Grösse des Palmo ist nach Kupffer's Bestimmung $= 0^m,26349$, also etwa 1^{mm} zu kurz.
2. Einheit des Flächenmaasses ist der Moggio von 10000 Quadratpalmen; der Moggio wird ebenfalls decimal getheilt.
3. Hohlmaass für trockne Sachen ist der Tomolo = 3 Kubikpalmen = 2 Mezzette = 4 Quarti = 24 Misurelli = 55,545 Liter. Hohlmaass für Flüssigkeiten der Barile, ein Cylinder von 1 Palmo Durchmesser und 3 Palmi Höhe. Eine Botta = 12 Barili = 720 Caraffi. Der Barile ist also = 43,7356 Liter.
4. Einheit des Gewichtes ist der Rottolo, welcher decimal getheilt wird und dessen tausendster Theil Trappeso heisst. 1 Centaro = 100 Rottola. Eine Kubikpalme bei $16^0,144$ C. und 760 Millimeter Barometerstand soll, in der Luft in Neapel gewogen, 20 Rottola und 736 Trappesi wiegen. Der Rottolo soll also = 0,890997 Kilogr. sein, Kupffer fand statt dessen 0,89064.

Literatur.

Kupffer *Travaux de la commission pour fixer les mesures et les poids de l'empire de Russie.* Petersburg 1841. 2 Vol. 4. et Atlas. Fol. Vol. I. 61 *, 185 *, 491 *, 511 *.

Sav. Scrofani *Memoria sulle misure e pesi d'Italia, in confronto col sistema metrico francese.* Napoli 1812.

C. A. de Rivera *De la Restituzione del nostro sistema di misuri, pesi e moneti alla sua antica perfezione.* Napoli 1838.

§. 154. Modificirtes metrisches System.

Der Versuch, durch eine möglichst geringe Abänderung der landesüblichen Maasse eine einfache Beziehung zum metrischen Systeme herzustellen, ist mehrfach ausgeführt worden, zuerst im Grossherzogthum Hessen (1821), während ein ähnlicher für das Grossherzogthum Baden schon 1810 gemachter Entwurf erst 1831 ins Leben trat, und für mehrere Schweizer Kantone ein 1828 entworfenes System erst 1840 eingeführt wurde.

Diese modificirten Systeme sind nun folgende:

a. Grossh. Hessen.

Klafter	Fuss	Zoll	Linien
1	10	100	1000

1 Fuss = 0,25 Meter.

1 Morgen = 400 Quadratklafter = 25 Aren

1 Stecken (Holzmaass) = 100 Kubikfuss = $1\frac{9}{16}$ Steren.

Für Flüssigkeiten:

Ohm	Viertel	Mas	Schoppen
1	20	80	320

und ein Mas = 2 Liter.

Für trockne Sachen:

Malter	Simmer	Kumpf	Gescheid	Mäschen
1	4	16	64	128

und 1 Gescheid = 2 Liter.

Centner	Pfund	Loth	Quentchen	Richtpfennig
1	100	3200	12800	51200

und 1 Pfund = 500 Grammen.

Literatur.

(Schleiermacher und Eckhardt) Gedrängte Uebersicht des frühern und jetzigen Zustandes des Maass- und Gewichtswesens in dem Grossherzogthum Hessen. Als Manuskript zu officiellem Gebrauche gedruckt. Darmst. 1820.
Chelius a. a. O. S. 194.
Muncke a. a. O. S. 1369.

b. Grossh. Baden.

1 Ruthe = 10 Fuss 1 Klafter = 3 Ellen = 6 Fuss

Fuss	Zoll	Linien	Punkt
1	10	100	1000

ein Fuss = 0,3 Meter.

1 Morgen = 400 Quadratruthen = 36 Aren

1 Klafter Holzmaass = 144 Kubikfuss = $3\frac{8}{9}$ Steren

Flüssigkeiten:	Fuder	Ohm	Stülpe	Maass	Glas
trockne Sachen:	Zuber	Malter	Sester	Mässlein	Becher
	1	10	100	1000	10000

1 Maass = $\frac{1}{13}$ Kubikfuss = 1,5 Liter

Centner	Stein	Pfund	Zehnling	Centas	Dekas	As
1	10	100	1000	10000	100000	10000000

1 Pfund = 500 Grammen.

Literatur.

Mich. Fr. Wild Ueber allgemeines Maass und Gewicht aus den Forderungen der Natur, des Handels, der Polizei und der gegenwärtig noch üblichen Maasse und Gewichte abgeleitet. 2 Bde. Freib. 1809. 8.
— Tabellen zur Verwandlung der alten Maasse und Gewichte des Grossherzogthums Baden in die neuen allgemeinen Badischen. 2 Bde. Karlsruhe 1812. 8.

MICH. FR. WILD Bemerkungen zu dem, was über das badische Maass und Gewicht in der ersten bad. Ständeversammlung im J. 1819 vorgekommen. Freib. im Br. 1820. 8.
Neue Maass- und Gewichtsordnung für das Grossherzogthum Baden. Karlsr. u. Freib. 1829. 4.
CHELIUS a. a. O. S. 103. S. 247.
MUNCKE a. a. O. S. 1373.

c. Schweiz.

In der Schweiz war eine unendliche Verschiedenheit von Maass und Gewicht gebräuchlich; nicht allein die verschiedenen Kantone hatten verschiedene Maasse, sondern selbst innerhalb eines Kantons kamen unter gleichen Namen die abweichendsten Maasse vor, so z. B. im Kanton Waadt 8 verschiedene Ellen, 23 Fruchtmaasse, 31 Flüssigkeitsmaasse, 8 verschiedene Pfunde!

Durch ein Gesetz vom 27. Mai 1822 wurde nun für den Kanton Waadt ein neues Maasssystem aufgestellt und bereits am 1. Januar 1823 eingeführt, welches sich dem metrischen Systeme in folgender Weise anschliesst:

a. Längenmaasse, Einheit: der waadtländische Fuss = 0,3 Meter

Toise	Elle	Fuss	Zoll	Linie	Strich
1	2,5	10	100	1000	10000.

b. Flächenmaasse

Pose (Juchart)	Fossarier	Toise carrée (Quadratklafter)
1	10	500

der Juchart also = 45 Aren.

c. Hohlmaass für Flüssigkeiten, Einheit: der Pot von 50 Kubikzoll = 1,35 Liter

Char	Setier	Broc	Pot	Verre
1	16	48	480	4800

Hohlmaass für trockne Sachen, Einheit: der Quarteron von 500 Kubikzoll = 13,5 Liter

Muid	Sac	Quarteron	Emines	Copet
1	10	100	1000	10000

d. Gewicht, Einheit: das Pfund = $^1/_{54}$ Kubikfuss dichtesten Wassers = 0,5 Kilogr.

Centner	Pfund	Unze	Gros	Grän
1	100	1600	10800	777600.

Literatur.

CHELIUS a. a. O. S. 333*.
Rapport sur les moyens d'introduire dans le Canton (de Vaud) l'uniformité des poids et mesures. Aarau 1822.
Ueberlieferungen zur Geschichte unserer Zeit. Jahrgang 1822. Juliheft. Aarau. 4. S. 310 ff.

Um in ähnlicher Weise wie im Kanton Waadt die Maasse zu reguliren, traten auf Antrag von Bern Abgeordnete von 8 Kantonen im Mai 1828 zusammen, welche folgendes, dem Badenschen Systeme sich anschliessende Maasssystem entwarfen:

Wegstunde	Ruthe	Fuss
1	1600	16000

Klafter = 6 Fuss

Stab	Elle	Fuss	Zoll	Linie	Strich
1	2	4	40	400	4000

1 Fuss = 0,3 Meter

1 Juchart = 400 Quadratruthen = 36 Aren

Einheit der Hohlmaasse für trockne Sachen = $^1/_2$ Kubikfuss = 500 Kubikzoll = 13,5 Liter ist das Mäss (Quarteron)

Einheit der Hohlmaasse für Flüssigkeiten ist die Maass (Pot) von 50 Kubikzoll = 1,35 Liter

1 Pfund = $^1/_{64}$ Kubikfuss Wasser = 500 Grammen

Pfund	Loth	Quentchen	Gran
1	32	128	12800.

Dieser Entwurf wurde fast unverändert durch ein Bundesgesetz vom 23. Dec. 1851 für die ganze Schweiz als gesetzlich gültig erklärt, nachdem bereits im J. 1835 eine Anzahl Kantone sich über die Einführung dieses Maasses geeinigt und dasselbe auch 1840 eingeführt hatten.

Die Abweichungen der jetzt gesetzlichen Maasse von dem Entwurfe beziehen sich nur auf die Hohlmaasse, indem das Mäss (Quarteron) auf 15 Liter und die Maass (Pot) auf 1,5 Liter gesetzt wurden.

d. Nassau.

In Nassau ist seit dem August 1853 ein dem Badischen sehr ähnliches modificirtes metrisches System gültig. Die Längenmaasse und Gewichte sind ganz übereinstimmend. Flächenmaass ist der Morgen zu 100 Quadratruthen = 25 Aren. Einheit des Maasses für trockne Sachen: der dekadisch getheilte Malter = 1 Hektoliter. Einheit des Flüssigkeitsmaasses ist die Maass, welche 2 Liter hält und in 2 Flaschen getheilt wird.

Literatur.

CHELIUS a. a. O. S. 250.
HORNER Ueber Maasse und Gewichte und ihre Verbesserung. Zürich 1813. 4.

e. Das halbe Kilogramm als Pfund.

Für den Verkehr der Völker untereinander ist das Gewicht von allen Maassen das am meisten in Betracht kommende und daher ein einfaches Verhältniss der gebräuchlichen Gewichte zu einander besonders wünschenswerth. Dieser Umstand hat es bewirkt, dass die Einigung in Beziehung auf ein gemeinsames Gewicht in der letzten Zeit grosse Fortschritte gemacht hat.

Zuerst wurde im deutschen Zollvereine, um eine Gleichmässigkeit bei den Abwägungen und Einfachheit der Berechnungen zu erzielen, der Zollcentner von 100 Zollpfund, das Pfund von der Schwere von 500 Grammen eingeführt (1839).

Hierauf kam dasselbe Gewicht, nach Begründung des deutsch-österreichischen Postvereines, bei den Postsendungen in Anwendung (1851) und bald darauf (1852) auch als Zollgewicht in Oesterreich.

Bei der im J. 1857 erzielten Verständigung über die Münzverhältnisse wurde das genaue halbe Kilogramm als Münzpfund in ganz Deutschland eingeführt.

Endlich haben nach und nach eine Reihe von Staaten dieses nämliche Pfund auch als das gesetzliche Handelspfund angenommen: Preussen durch Gesetz vom 17. Mai 1856, Hamburg, Hannover, Braunschweig, Schaumburg-Lippe, Oldenburg, Bremen durch Uebereinkunft vom 7. Nov. 1856, so dass das metrische Gewicht jetzt ein sehr bedeutendes Terrain gewonnen hat und die Aussicht vorhanden ist, dass in Europa die Gewichte bald auf wenige verschiedene Grössen zurückgeführt sein werden [1].

Literatur.

Gesetzsammlung f. d. Königr. Preussen. 1839. S. 325. (Einführung des Zollpfundes.)
Gesetzsammlung f. d. Königr. Preussen. 1857. S. 325. (Einführung des Münzpfundes.)
* Gesetz, betreffend die Einführung eines allgemeinen Landes-Gewichts vom 17. Mai 1856, nebst 11 Tabellen zur Reduction u. s. f. Berlin 1857. 12.

§. 155. England und nordamerikanische Freistaaten.

Von allen neueren Staaten besitzt England das älteste und stets mit grosser Sorgfalt erhaltene Maass. In keinem Lande ist auch neuerdings Maass und Gewicht häufiger und sorgsamer mit den Maassen anderer Länder, namentlich den französischen, verglichen worden wie in England, und es geben diese Vergleichungen einen getreuen Maassstab für die Genauigkeit der metrologischen Bestimmungen der Neuzeit, einer Genauigkeit, die bei weitem nicht so gross ist, als man nach den feinen Messungsmethoden erwarten sollte.

Das englische Maasssystem gründet sich nicht einfach auf eines der beiden Naturmaasse, sondern auf das durch Heinrich I. im J. 1101 angeordnete Längenmaass der sächsischen Elle (Gyrd, jetzt Yard), welche mit der Länge seines Armes übereinstimmen sollte. Dieses Maass, so wie die gleichzeitig angeordneten Gewichtsmaasse (von der Schwere von Weizenkörnern entnommen) konnten in jenen frühen Zeiten natürlich nur durch Etalons gesichert werden, die aber nicht bis in die neuere Zeit erhalten worden sind. Die ältesten noch vorhandenen Etalons stammen aus der Regierungszeit von Elisabeth, aus dem J. 1588, sind also nicht einmal so alt wie das alte holländische Troypfund. Die Gewichte aus der Zeit der Elisabeth sind ferner schon abgeänderte, gegen die früher gebräuchlichen. Das ältere Gewicht war nämlich das sächsische Pfund, welches nach heutigem Gewichte etwa 5400 Grains Troy wog [2]. Heinrich VII. führte das schwerere Troygewicht ein (5760 Grains) und Heinrich VIII. 1532 daneben das Avoir-du-poids-Gewicht (7000 [3] Grains).

[1] Metrisches Gewicht haben demnach jetzt a. mit Kilogr. als Einheit: Frankreich, Belgien, Niederlande (1816), Chili (1856?), Spanien (1859), Sardinien (1850), lombard.-venet. Königreich z. Th. (1803); b. mit ½ Kilogr. als Einheit: Schweiz (1822, 1840, 1851), Preussen (1858), Hannover (1858), Braunschweig (1858), Baden (1831), Nassau (1853), Sachsen-Weimar (1858), Würtemberg (1858), Grossh. Hessen (1821), Rheinbaiern (1806?), Sachsen (1858), Schaumburg-Lippe (1858), Frankfurt a. M. (1858), Anhalt-Bernburg (1858), Oldenburg (1858), Hamburg (1858), Bremen (1858), Holstein (1858), Lübeck (1859), Lauenburg (1861), Dänemark, Norwegen.

[2] 32 Weizenkörner aus der Mitte der Aehre genommen und wohlgetrocknet sollen 1 Penny weight, 20 dieser eine Unze und 12 Unzen 1 Pfund betragen; 1 Gallon soll 8 solcher Pfunde an Wasser, 1 Bushel 8 Gallons, 1 Quarter 8 Bushels enthalten. H. Norris *An inquiry to show, what was the ancient english weight and measure according to the laws and statutes prior to the reign of Henry the seventh. Phil. Trans.* 1775. LXV. 48*.

[3] Diese historische Entwicklung giebt H. Norris in *Phil. Trans.* LXV. 48*. Nach Andern ist das Troypfund das älteste von Eduard dem Bekenner herrührende Gewicht, während wieder behauptet wird, die Avoir-du-poids-Unze wäre die alte römische und die Troy-Unze rühre von den Normannen her. S. Dove Maass und Messen. S. 25. Der Ursprung des Namens Troygewicht, der auch in Holland gebraucht wurde, ist nicht mit Sicherheit bekannt.

Die Bemühungen, die Maasse dauernd und genau festzustellen, datiren vom Jahre 1758, wo das Unterhaus eine Commission niedersetzte, von welcher genaue Standards für die verschiedenen Maasse, von Bird gefertigt, geprüft wurden. Diese Prüfungen wurden durch die Royal Society noch im 18. Jahrhundert mehrfach wiederholt. Gleich zu Anfang dieses Jahrhunderts begannen die Vergleichungen französischer und englischer Maasse. 1814 und 1818 setzte das Parlament abermals Prüfungscommissionen ein. Endlich wurde durch eine Parlamentsakte vom 17. Juni 1824 die letzte definitive Maassbestimmung gegeben.

Durch diese grosse Zahl von Untersuchungen ist im Ganzen das alte Maass und Gewicht beibehalten, nur die absolute Grösse desselben etwas abweichend ermittelt und mit den Naturmaassen, namentlich der Pendellänge, verglichen worden.

Die Grundbestimmungen der englischen Maassgesetzgebung sind nun nach der erwähnten Parlamentsakte folgende [1]:

a. Das normale Längenmaass ist das Yard, welches sich unter Aufsicht des Clerk des Unterhauses befindet, auf welchem die Worte und Zahlen Standard Yard 1760 eingravirt sind (von Bird verfertigt).

Die Länge des Yard soll auf diesem Messingetalon durch die geradlinige Entfernung der Mitte zweier Goldstifte bestimmt sein, welche auf dem Maassstabe eingelassen sind, wenn der Maassstab 62° Fahrenheit warm ist. Dieses Yard soll das Imperial-Standard-Yard heissen, $1/3$ Yard soll ein englischer Fuss, $1/12$ Fuss ein Zoll, $5 1/2$ Yards Pole oder Perch, 220 Yards ein Furlong, 1760 Yards eine Meile sein (Art. I).

Die Länge des Yards soll stets dadurch wieder zu finden sein, dass die Länge eines Pendels, welches in der Breite von London, im luftleeren Raum und am Meeresspiegel mittlere Sekunden schlägt, sich zu dem Yard wie 39,1393 zu 36 verhalten soll (Art. III).

b. Ein Acre soll 4840 Quadratyards = 160 Quadratpoles enthalten (Art. II).

c. Normalgewicht soll dasjenige Messinggewicht des Troypfundes sein, welches im Jahre 1758 gemacht ist und sich unter Aufsicht des Clerk des Unterhauses befindet; es soll das Imperial-Standard-Troy-Pound heissen, $1/12$ desselben soll eine Once, $1/20$ Once soll ein Pennyweight, $1/24$ Pennyweight ein Grain heissen, so dass 5760 Grains ein Troypfund sind; 7000 solcher Grains sollen ein Pfund Avoir-du-poids sein, $1/16$ Pfund Avoir-du-poids eine Ounce Avoir-du-poids und $1/16$ solcher Ounce ein Dram (Art. IV).

Dieses Gewicht des Troypfundes soll stets dadurch wieder zu finden sein, dass ein Kubikzoll destillirtes Wasser, mit Messinggewichten in der Luft gewogen, bei der Temperatur von 62° F. und 30 Zoll Barometerstand 252,458 Grains wiegt (Art. V).

d. Einheit des Hohlmaasses soll ein Gallon sein, welches 10 Pfund Avoir-du-poids destillirten Wassers, bei 62° F. in der Luft bei einem Barometerstande von 30 Zoll gewogen, enthält und soll Imperial-Standard-Gallon

[1] *An act for ascertaining and establishing Uniformity of Weights and Measures.* 5the Georg, 4th Cap. 74; s. Kupffer a. a. O. I. 205*.

heissen, $^1/_4$ Gallon soll ein Quart, $^1/_8$ Gallon eine Pint, 2 Gallons ein Pack, 8 Gallons ein Bushel, 8 Bushels ein Quarter sein (Art. VI)[1].

Durch diese gesetzlichen Bestimmungen wird also die absolute Grösse der Maasse in zweierlei Weise festgestellt. Zunächst ist nur gültig die absolute Grösse der wirklich vorhandenen Normalmaasse; bei der Vergleichung mit anderen Maassen wird also der durch unmittelbare Abmessung oder Abwägung erhaltene Werth allein zu berücksichtigen sein.

Zweitens aber bestimmt das Gesetz die beabsichtigte absolute Grösse durch Vergleichung der wirklichen Maasse mit dem Naturmaasse.

Wäre diese Vergleichung vollkommen genau auszuführen, so müsste man zu demselben Resultate gelangen, ob man z. B. das Meter direkt mit dem Yard vergliche oder beide mit der Pendellänge, ob ferner z. B. das Kilogramm mit dem Troypfund oder beide mit dem Gewichte, respective der Liter und der engl. Kubikzoll Wasser verglichen würde.

Dies ist nun keineswegs der Fall, vielmehr weichen die direkten Vergleichungen (welche schon nicht vollständig übereinstimmen) zum Theil sehr beträchtlich von den berechneten Werthen ab, was besonders bei den Gewichten hervortritt, zu deren absoluten Werthen man durch eine Reihe complicirter und schwieriger Operationen gelangt.

Direkte Vergleichungen sind nun mehrfach angestellt worden, welche nach Dove folgende Werthe ergaben:

$$1 \text{ Toise bei } 13^0 \text{ R.} = 76'',73336 \text{ engl. bei } 62^0 \text{ F.},$$
$$1 \text{ Meter bei } 0^0 \text{ R.} = 39'',37062 \text{ engl. bei } 62^0 \text{ F.},$$

nun war aber ferner gefunden

$$1 \text{ Meter bei } 0^0 \text{ R.} = 443''',295936 \text{ par. M.} = 0,513074 \text{ Toisen bei } 13^0 \text{ R.}$$

und diese Werthe lassen sich nicht vollständig miteinander vereinigen. Denn sieht man die Vergleichung des Meters mit der Toise einerseits und mit dem englischen Fuss andererseits als am sichersten begründet an, theils weil sie in der neuesten Zeit ausgeführt, theils weil die jetzt gesetzlich gültigen Maassstäbe bei derselben benutzt wurden, so würde daraus folgen:

$$0,513074 \text{ Toise bei } 13^0 \text{ R.} = 39'',37062 \text{ engl. bei } 62^0 \text{ F.}$$

oder

$$1 \text{ Toise} = 76'',7348 \text{ engl.},$$

was um 0″,0014 engl. oder um $\frac{1}{55000}$ länger ist als die direkte Vergleichung ergab, aber fast genau mit einer sehr sorgfältigen Messung übereinstimmt, die von Hassler an beglaubigten Maassstäben ausgeführt wurde; diese ergab nämlich

$$1 \text{ Toise} = 76'',73463 \text{ engl.}$$

Bei der wohl am meisten vorauszusetzenden Genauigkeit der Vergleichung zwischen den Fundamentalmaassen kann die Richtigkeit der Vergleichung zwischen Toise und engl. M. nicht über die 3te Decimalstelle angenommen werden und es ist daher unten in den Vergleichungstafeln gesetzt:

[1] Die beim Brande der Parlamentshäuser 1834 beschädigten oder verlorenen Normalen wurden 1843 wiederhergestellt unter Beibehaltung der obigen gesetzlichen Bestimmungen und mit Benutzung der vorzüglichsten technischen Hülfsmittel; s. darüber W. H. Miller *Philos. Trans.* 1856, p. 753 seq.

1 Meter = 39″,371 engl.
1 Toise = 76″,735 engl.

Die vorzüglichsten Vergleichungen englischer und französischer Maasse sind folgende:

Zwei 1742 von Graham auf Messingstäben aufgetragene Yards wurden nach Paris geschickt und dort von du Fay und Nollet die halbe Toise auf dieselben Maassstäbe abgetragen. Die Vergleichung ergab, dass die halbe Toise 38″,355, also 1 Toise 76″,71 engl. betrug. Das angewendete englische Maass aus dem Tower stimmte aber nicht mit dem Normalmaass der Schatzkammer, es ward deshalb eine neue Vergleichung vorgenommen, indem Bird 1760 ein Yard verfertigte (eben das jetzt zum gesetzmässigen erklärte), welches er 1765 mit zwei von Lalande und Maskelyne gesendeten Toisen verglich und hierbei fand

der eine Etalon 1 Toise = 76″,732
„ zweite „ „ „ = 76,736.

Im Jahre 1832 fand Hassler für zwei Toisen die Länge in englischen Zollen

76″,73463 und 76″,73270.

Die erste genaue Vergleichung des Meters mit dem englischen Maasse wurde 1801 von Prony, Legendre und Méchain ausgeführt und ergab

1 Meter = 39″,371.

Kater's 1818 angestellte Vergleichung eines von Shuckburgh bereits verglichenen englischen Maasses ergab

ein Meter à bouts = 39,37076
„ „ à traits = 39,37081,

dagegen gab die Vergleichung mit dem Bird'schen gesetzlichen Standardyard

ein Meter = 39,37062.

Die auf drei Decimalstellen beschränkte Grösse, also 1 Meter = 39″,371, wird auch von Kupffer als die gültige angenommen und hiernach die Länge des russischen, dem englischen gleichen Fusses bestimmt. Dagegen sind Hassler's Vergleichungen beglaubigter Maassstäbe sämmtlich auf kleinere Werthe führend; es ergaben sich nämlich nach der von Dove angeführten Reduction vier verschiedene Meter

39″,36850
39,36754
39,36789
39,35473
Mittel 39″,364665,

ein Werth, der schon die zweite Decimale unsicher macht.

Die direkte Vergleichung der Gewichte geht weiter auseinander als die der Längenmaasse, es schwanken nämlich die Angaben bei beglaubigten Gewichten für das Troypfund ausgedrückt in Grammen zwischen

373,222 (Hassler) und 373,253 (van Moll),

so dass also bereits die von Chelius ausgesprochene Ansicht bestätiget wird, dass schon die Genauigkeit der Centigrammen nicht mehr verbürgt werden kann. Dove giebt einer Bestimmung von Weber den Vorzug, wonach 1 Pfund Troy = 373^{gr},2484. — Dieser Werth weicht sehr wenig von den genaueren Bestimmungen von Chelius und Schumacher (373,2441) und den neuesten von

Kupffer (373,244) ab. Viel unsicherer wird das Verhältniss des englischen und französischen Gewichtes, wenn man auf die theoretischen Grundlagen der Gewichte zurückgeht.

Kater fand aus der Abwägung genau gemessener Körper im Wasser, dass ein englischer Kubikzoll destillirten Wassers im leeren Raume bei 62° F. 252,722 Grains Troy wiege. Nach dem metrischen Systeme wiegt aber ein Kubikdecimeter Wasser vom Maximum der Dichtigkeit im luftleeren Raume 1000 Grammen. Ferner haben wir für die Längenmaasse 1 Decimeter = 3″,937062 nach Kater's Vergleichung; endlich ist das Verhältniss der Dichtigkeit des Wassers beim Maximum der Dichtigkeit und bei 62° F. nach Hallström 1 : 0,9989051. Hieraus folgt

$$1 \text{ Pfund Troy} = \frac{5760}{252{,}722} \cdot \frac{1000}{3^3{,}937062} \cdot 0{,}9989051 \text{ Grammen}$$
$$= 373{,}067 \text{ Grammen},$$

je nach Zugrundelegung etwas verschiedener Längenverhältnisse oder Ausdehnungsgrössen des Wassers wurde gefunden:

von Matthieu 373,0965
„ Eytelwein 373,0491
„ Francoeur 372,9986,

also durchgehends kleinere Werthe als die direkte Vergleichung der Gewichte ergeben hatte. Diese beträchtliche Abweichung erklärt Kupffer daraus, dass der von Kater gewogene Cylinder, aus dessen gemessenen Dimensionen die Zahl der Kubikzolle berechnet wurde, nicht genau cylinderförmig, sondern in der Mitte etwas bauchig gewesen sei, wie sich dies bei dem von Kupffer selbst gebrauchten Cylinder fand. Das Gewicht des engl. Kubikzolles Wasser folgt aus Kupffer's Messungen zu 252,611 Grains Troy [1].

Bei den Vergleichungstafeln weiter unten wird, wie bei den Längenmaassen, der sicherere, durch direkte Vergleichung ermittelte Werth

1 Pfund Troy = 373,244 Grammen und
1 Kilogramm = 2,679213 Pfund Troy
= 15432,27 Grains Troy

genommen werden.

Für die Hohlmaasse endlich würde sich folgende Vergleichung ergeben. Ein Gallon soll 10 Pfund Avoir-du-poids à 7000 Grains Troy oder 70,000 Grains Wasser von 62° F. enthalten und 252,458 Grains sollen ein Kubikzoll sein. Ein Gallon enthält also

$$\frac{70{,}000}{252{,}458} = 277{,}2738 \text{ engl. Kubikzoll Wasser von } 62^0 \text{ F.}$$

Da nun 1 Decimeter = 3″,9371 engl., so enthält ein Gallon

$$\frac{277{,}2738}{3^3{,}9371} = 4{,}543484 \text{ Liter.}$$

[1] Siehe Kupffer a. a. O. II, 334*. Es wird dort der engl. Kubikzoll zu 368,380 Doli angegeben, während er nach Kater 252,722 Grains = 368,512 Doli wiegen sollte.

An die englischen Maasse schliessen sich unmittelbar die der nordamerikanischen Freistaaten an, welche bis zum Jahre 1832 unverändert die überkommenen englischen Maasse benutzten, ohne eine eigene Regulirung der Maasse vorzunehmen. Als dies geschehen sollte, schlug SABINE als Basis für das Maasssystem wieder die Länge des Sekundenpendels an einem bestimmten Orte der Vereinigten Staaten vor. Indessen fand wohl nur durch die angeführten Arbeiten HASSLER's eine genaue Normirung statt, in ähnlicher Weise, wie dies für England geschehen war, und sind übrigens die Maasse die englischen geblieben.

Literatur.

HUTTON *Dict.* II, 599, 24.
Allgem. geogr. Ephemer. 1799. Jan. S. 43.
DOVE Maass u. Messen. 31 ff.
MUNCKE a. a. O. S. 1289 ff.
(GRAHAM) *An account of the proportions of the english and french measures and weights from the standards of the same kept at the Royal Society. Phil. Trans.* 1742. Vol. 42. S. 185 *.
GEORG SHUCKBURGH EVELYN *An account of some endeavours to ascertain a standard of weight. Phil. Trans.* 1798. Vol. 88. S. 133 *.
H. KATER *On the length of the French Mètre estimated in parts of the English standard. Phil. Trans.* 1818. 103 *.
KATER *An account of the re-measurement of the cube cylinder and sphere used by the late Sir Georg Shuckburgh in his inquiries respecting a standard of weights and measures. Phil. Trans.* 1821. p. 326.
BESSEL über die von Hassler zur Vermessung der Küste der Vereinigten Staaten ergriffenen Maassregeln. Schum. Astr. Nachr. 6, 349.
BESSEL *Phil. Mag. and Ann. of phil.* VI. No. 36, p. 407.
F. R. HASSLER *Comparison of weights and measures of length and capacity reported to the Senate of the United States by the Treasury Department in 1832.* Washingt. 1832.
HASSLER *Trans. of the Amer. Phil. Soc.* N. Ser. II, 268.
EYTELWEIN Vergleichung der neuesten englischen Maasse und Gewichte mit den preussischen. Abh. d. Berl. Ak. 1827. Mathem. Kl. S. 1 *.
VAN MOLL *Journ. of the Roy. Inst.* No. IV, 64. Schum. Astr. Nachr. 9, 75.
W. WEBER Ueber die noch vorhandene Unzuverlässigkeit im specif. Gewichte des Wassers. Poggend. Ann. XVIII, S. 608 *.
Young lectures. II, 161?
MATTHIEU *Ann. du bureau des longitudes.* 1829. p. 59.
FRANCOEUR *Nouveau bullet. des sciences par la soc. phil.* 1825. Sept., p. 129.
MATTHIEU, LEGENDRE, DULONG *Register of arts.* No. 32, p. 127. Dingl. polyt. J. 28. Heft, 6.
CHELIUS a. a. O. S. 276 ff.
KUPFFER a. a. O.
SCHUMACHER Jahrb. f. 1836. S. 237 *.
Vergleichung des Kilogramms von Platina, welches Etatsr. Sch. aufbewahrt, mit dem gesetzlichen Kilogramme der Archive.
Vergleichungen französischer u. englischer Maasse in Schumach. Astr. Jahrb. 1836, S. 220 *. 1838, S. 147 *.
KATER *An account of the construction and adjustment of the new standards of weights and measures of the united Kingdom of Great Britain and Ireland. Phil. Trans.* 1826. P. II. 1 *.
KELLY *Universal Cambist and Commercial Instructor.* Ed. 2. London 1821.
W. H. MILLER *Phil. Trans.* 1856. p. 753 *. (Wiederherstellung neuer Normalgewichte nach vorhandenen ältern Copien. Einführung des Pfundes Avoir du poids = 7000 Troygrains zum Normalgewicht.)

§. 156. Russische Maasse.

In Russland wurde in den Jahren 1833—35 eine äusserst sorgfältige Regulirung der Maasse vorgenommen und mit dieser eine Vergleichung der russischen mit den wichtigsten Maassen anderer Länder verbunden. Das Ergebniss dieser Arbeit ist in dem mehrfach erwähnten Werke von A. TH. KUPFFER mitgetheilt

worden, und da hierdurch die früher z. B. von Paucker angegebenen Werthe der Maasse corrigirt werden, so wird es hinreichen, nur die jetzt gesetzlichen Bestimmungen des russischen Maasssystems anzuführen.

Der Ukas, welcher nach Beendigung der Commissionsarbeiten die geregelten Maasse feststellt, ist vom 11. Oktober 1835 datirt. Die Hauptbestimmungen sind:

1. Die Saschene von 7 englischen Fussen Länge, welche in 3 Arschinen, zu 28 Zoll oder zu 16 Verschock jede, getheilt wird, bleibt für immer die Grundlage des russischen Längenmaasses.
2. Als Einheit des russischen Gewichtes ist das Pfund festgesetzt, welches dadurch bestimmt ist, dass ein russischer Kubikzoll Wasser von $13\frac{1}{3}^{\circ}$ R. im luftleeren Raume 368,361 Doli wiegt, oder dass das Volumen eines Pfundes solchen Wassers 25,019 russische Kubikzoll beträgt. Dieses Pfund ist mit dem 1747 in der Münze zu Petersburg deponirten Pfunde identisch.
3. Das Medicinalpfund ist $= \frac{7}{8}$ des russischen Pfundes oder $=$ 8064 Doli.
4. Die Hohlmaasse sollen sein:

a. Für Flüssigkeiten.

1 Vedro, enthält 30 russ. Pfunde destillirten Wassers von $13\frac{1}{3}^{\circ}$ R. oder 750,57 Kubikzoll,
1 Kruschka $= \frac{1}{10}$ Vedro $=$ 75,06 Kubikzoll,
1 Polukruschka $= \frac{1}{20}$ Vedro $= 1\frac{1}{2}$ Pfund Wasser $=$ 37,53 Kubikzoll.

b. Für trockne Sachen.

1 Tschetverik	= 64 Pfund Wasser	=	1601,22 Kubikzoll,
1 Tschetverka	= 16 „ „	=	400,30 „
1 Garnitz	= 8 „ „	=	200,15 „

Das Maasssystem mit seinen Eintheilungen ist dann folgendes:

Längenmaass.

1 Werst = 500 Sashénen

Sagene	Arschine	(Fuss)	Verschok	Zoll	Linie
1	3	7	48	84	840.

Flächenmaass.

1 Dessätina = 2400 Quadrat-Sagenen.

Hohlmaass.

1 Tonne = 40 Vedros

Vedro	Schtof	Kruschka	Polukruschka
1	8	10	20

1 Tschetwert = 8 Tschetwerik

Tschetwerik	Tschetverka	Garnitz
1	4	8.

Gewicht.

Berkowetz	Pud	Pfund
1	10	400

Pfund	Solotnik	Dola
1	96	9216.

Die absolute Grösse der russischen Maasse ist durch sehr genaue Vergleichung mit den regulirten Maassen anderer Staaten und durch die Gewichtsbestimmung des Kubikzoll Wasser festgestellt worden, und zwar folgendermassen:

Der Fuss wurde einer genauen Copie des englischen Imperial-Standard-Yard entnommen und danach die Normal-Sashene verfertigt. Für den Fuss steht also das für englisches und metrisches Maass angegebene Verhältniss fest, nämlich:

$$1 \text{ Meter} = 39'',371 \text{ russische oder englische Zoll.}$$

Für das Gewicht wurde aus der Vergleichung mit dem Kilogramm und dem Troypfund gefunden

1 russisches Pfund = 1,09718 Pfund Troy
1 „ „ = 0,4095174 Kilogrammen

und diese beiden Werthe stimmen sehr gut mit dem oben angenommenen Verhältniss des Kilogramm und Troypfund überein, indem sie 1 Kilogr. = 1,679202 Pfund Troy ergeben, was bis zur 5ten noch zu verbürgenden Zahl die aus der direkten Vergleichung zwischen englischem und metrischem Gewicht ermittelten Grössen sind.

Für die Hohlmaasse folgt endlich nach den gesetzlichen Bestimmungen

$$1 \text{ Vedro} = 750,57 \text{ Kubikzoll} = \frac{750,57}{277,27} \text{ Gallons} = 2,707 \text{ G.}$$
$$= \frac{750,57}{3^3,9371} \text{ Liter} = 12,299 \text{ Liter}$$
$$1 \text{ Tschetwerik} = 1601,22 \text{ Kubikzoll} = \frac{1601,22}{277,27} \text{ Gallons}$$
$$= 5,775 \text{ Gallons}$$
$$= \frac{1601,22}{3^3,9371} \text{ Liter} = 26,237 \text{ Liter.}$$

Literatur.

Muncke a. a. O. S. 1345 ff.* (enthält die älteren Bestimmungen nach Mittheilungen von v. Fuss, welche von den jetzt festgestellten Grössen abweichen).
Scherer's allgem. nord. Annal. d. Chemie. VIII, 217.
Paucker Die Maasse und Gewichte Russlands in Schum. Astr. Jahrb. f. 1836. S. 74*; f. 1837 S. 276*.
Kupffer *Travaux de la commission etc.*

§. 157. Oesterreich.

Eine ältere Regulirung der in den eigentlichen österreichischen Erbstaaten gültigen Maasse wurde bereits von Maria Theresia unterm 14. Juli 1756 vorgeschrieben und fand damals eine Vergleichung mit dem altfranzösischen Maasse statt. Zu Anfang dieses Jahrhunderts nahm v. Vega eine Vergleichung der wiener Maasse mit denen des metrischen Systemes vor. Durch einen Erlass der K. K. Landesregierung vom 20. April 1816 wurde ein von Voigtländer verfertigter Maassstab der wiener Klafter (eiserner Stab, auf Silber getheilt, der seine rechte Länge bei 13° R. hat) als der gesetzliche Etalon anerkannt.

Durch STAMPFER's Untersuchung endlich wurde 1830 das Verhältniss der übrigen Maasse zum Längenmaasse festgestellt.

Die verschiedenen Angaben über die wirkliche Grösse der wiener Maasse lassen sich nicht mit einander vereinigen, wie denn auch KUPFFER die Abweichung nicht zu erklären weiss, welche STAMPFER's Gewichtsbestimmung eines bestimmten Volumen Wasser gegen die sonst gemachten ergiebt.

Für die Klafter bestimmte v. VEGA die Länge in metrischem Maasse 1,8966138 Meter, und da die Klafter 6 Fuss hat, so würde man erhalten:

wiener Fuss [1]	Meter	paris. Fuss	engl. Fuss
1	0,3161023	0,973103	1,037105.

Dagegen setzt KUPFFER den bestimmten Werth der wiener Klafter = 840,7152 paris. Linien [2], also

1 wiener Fuss = 0,97305 paris. Fuss = 0,316085 Meter,

findet aber bei der Vergleichung der genauen Copien nur

wiener Fuss	Meter	paris. Fuss	engl. Fuss
1	0,316018	0,972843	1,03683,

wonach die wirkliche wiener Klafter gegen die von ihm angegebene gesetzliche Länge um 0,18 paris. Linien, gegen die v. VEGA'sche Angabe um 0,5 Millimeter zu kurz sein würde.

Nimmt man die Gewichtsbestimmungen von STAMPFER hinzu, so ergiebt sich wieder ein abweichendes Resultat. Es soll nämlich 1 wiener Kubikzoll dichtesten Wassers 18,27092 Grammen wiegen; hiernach würde der Kubikzoll 18,27092 Kubikcentimeter enthalten und der wiener Fuss müsste = $0^m,3160589$ sein. Oder aber bleibt man bei v. VEGA's Längenbestimmung, so müsste der wiener Kubikzoll 18,27875 Grammen wiegen, was der Wägung STAMPFER's entgegen ist.

Auch die Gewichtsbestimmungen sind nicht völlig übereinstimmend. v. VEGA setzt das wiener Handelspfund = 560,0122 Grammen; nach STAMPFER's Abwägung wäre dasselbe = 560,0164 Grammen; und aus KUPFFER's Vergleichung folgt 560,024 Grammen.

Die von KUPFFER angeführte Länge der Klafter und die direkte Gewichtsbestimmung STAMPFER's stimmen am besten zusammen und werden daher in den Vergleichungstafeln zu Grunde gelegt werden.

Das System der Maasse ist folgendes:

1. Längenmaasse. Einheit: die Klafter = 1,89651 Meter

Klafter	Fuss	Zoll	Linien	Punkt
1	6	72	864	10368
	1	12	144	1728

[1] Diesen Werth hat nach v. VEGA auch CHELIUS, auch wird derselbe in den Jahrbüchern der österr. Naturforscher angenommen. In VEGA's Logarithmentafeln, ed. HÜLSSE, 1849, ist der wiener Fuss noch grösser, nämlich = $0^m,3161109$ gesetzt.

[2] a. a. O. II, 415*.

Elle	Fuss
1	2,465
Meile	Fuss.

2. Flächenmaasse:

Joch	Quadratklafter
1	1600.

3. Hohlmaasse:

a. für Flüssigkeiten

Eimer	Maass	Seidel
1	40	160

1 Eimer = 1,792 wiener Kubikfuss
1 Maass = 0,0448 Kubikfuss = 1,415 Liter.

b. für trockne Sachen

Muth	Metzen	Maassel	Becher
1	30	480	3840
	1	16	128

1,9471 wiener Kubikfuss
das Metzen = 61,489 Liter.

4. Gewicht. Einheit: 1 Pfund = 560,0164 Grammen

Centner	Pfund	Loth	Quentchen
1	100	3200	9600.

Wie bereits oben erwähnt, ist für die Münzen, den Zoll und für den Postverkehr ein Pfund von 500 Grammen eingeführt.

Literatur.

Frhr. v. Vega Vorlesungen über die Mathematik. Wien, 2. Aufl. 1793; 3. Aufl. 1802.
v. Vega Natürliches Maass-, Gewichts- und Münzsystem, herausgeg. v. Kreil. Wien 1803. 4.
Chelius a. a. O. S. 341 *.
Stampfer Jahrbücher des k. k. polytechn. Inst. in Wien. XVI, 57 *. Wien 1830.
Muncke a. a. O. S. 1313 *.
Kupffer a. a. O. I, 149 *.
Jos. Jäckel Münz-, Maass- und Gewichtskunde. Wien 1828.

§. 158. Preussen.

Zu den am sorgfältigsten regulirten Maasssystemen gehört das preussische, welches durch ein Gesetz vom 16. Mai 1816 in allen preussischen Provinzen an Stelle vieler verschiedener Lokalmaasse eingeführt wurde. Bei dieser Maassregulirung wurden keine neuen Maasse gewählt, sondern schon übliche Maasse nach ihren Grössenverhältnissen genau bestimmt. Die zu dieser Arbeit niedergesetzte Commission bestand aus P. Erman, Eytelwein, Crelle, Pistor und Schaffrinsky.

Die absolute Grösse der verschiedenen Maasse wird in dem Gesetze folgendermassen festgestellt:

1. Grundmaass ist der preussische oder rheinländische Fuss, welcher die Länge von 139,13 Linien des altfranzösischen Maasses hat.

Der Normalmaassstab ist ein von PISTOR verfertigter eiserner Stab von 3 Fuss Länge (étalon à traits), welcher seine rechte Länge bei 13° R. hat.

Das Maass ist mit einer genauen Platinacopie des Meter verglichen und werden beide Maasse bei ihrer Normaltemperatur gemessen, so ist

$$1 \text{ preuss. Fuss} = 0^{m},3138535.$$

Die Länge des Fusses ist ferner durch BESSEL's Bestimmung der Pendellänge gesichert worden, wonach die Länge des einfachen Sekundenpendels in Königsberg bei 0° und auf den Ostseespiegel reducirt 440,8179 paris. Linien beträgt.

2. Einheit des Flächenmaasses ist der preussische oder magdeburger Morgen von 180 Quadratruthen Fläche.
3. Einheit des Hohlmaasses für Flüssigkeiten ist das berliner Quart von 64 Kubikzoll Inhalt. Für trockne Sachen bildet die Metze von 192 Kubikzoll die Einheit.
4. Ein Pfund, die Einheit des Gewichtes, ist der 66ste Theil des Gewichtes eines Kubikfusses destillirten Wassers von 15° R. Wärme, im luftleeren Raume gewogen. Das von SCHAFFRINSKY verfertigte Normalpfund ist von Messing und wurde mit einer genauen Platinacopie des Kilogramm verglichen.

Diese gesetzlichen Fundamentalbestimmungen lassen sich mit denen der übrigen genau regulirten Maasse sehr gut in Uebereinstimmung bringen.

Da nämlich der preussische Fuss = 3,138535 Decimeter beträgt, so würde der preuss. Kubikfuss = 30,91584 Liter des dichtesten Wassers enthalten oder 30,91584 Kilogr. wiegen Da sich aber die specifischen Gewichte des Wassers beim Maximum der Dichtigkeit und bei 15° R.

nach HALLSTRÖM wie 1 : 0,998443

verhalten, so wiegt der preuss. Kubikfuss Wasser von 15° R. nur 30,86770 Kilogr., folglich der 66ste Theil oder 1 preuss. Pfund: 467,6924 Grammen; während dieses Gewicht bei der Anfertigung der Normalen auf 467,7110 festgestellt wurde [1].

Dieser Bestimmung entspricht nun das wirklich ausgeführte Gewicht in hohem Maasse; so fand z. B. KUPFFER bei der Vergleichung genauer Copien 1 preuss. Pfund = 467,71 Grammen. Es ist also selbst, wenn die bei der Normirung noch nicht bekannte Bestimmung HALLSTRÖM's für die Dichtigkeit des Wassers berücksichtigt wird, das preuss. Pfund bis auf $\frac{1}{23400}$ genau bestimmt.

Die preussischen Maasse darf man daher wohl, indem die BESSEL'sche Feststellung des Längenmaasses alle übrigen an Genauigkeit übertrifft, als die am schärfsten bestimmten betrachten.

---

[1] Bei der Normirung des preussischen Pfundes im Vergleich zum Kilogramm ward GILPIN's Angabe über die Ausdehnung des Wassers zu Grunde gelegt, wonach die obigen Zahlen für die specifischen Gewichte sich ändern müssten in 1,00094 : 0,999421 und alsdann für das Pfund sich 467,711 Grammen ergeben. Dies letztere Gewicht ist bei der Construction der preussischen Normalgewichte angenommen worden, aber streng genommen nicht richtig, insofern die HALLSTRÖM'sche Bestimmung als die genauere betrachtet werden muss.

Bei den Vergleichungstafeln wird der gesetzliche Werth von 467,711 um so mehr beizubehalten sein, als wegen der oben bereits erwähnten Einführung des neuen Pfundes von 500 Grammen die Vergleichung nur für frühere Gewichtsangaben von Bedeutung ist.

So zweckmässig an sich die Einführung dieses neuen Pfundes von 500 Grammen ist, so darf man nicht übersehen, dass hierdurch der innere einfache Zusammenhang des preussischen Maasssystemes zerstört ist. Die verhältnissmässig einfache Beziehung zwischen Länge, Volumen und Gewicht ist hierdurch aufgehoben und an ihre Stelle treten lauter irrationale Zahlen. Man könnte freilich sagen, dass wegen des unverändert beibehaltenen Längenmaasses die Grössenbestimmung der Volumina auch ungeändert geblieben sei. Dies ist aber in Wirklichkeit nicht der Fall, weil die Volumina nicht durch direkte Abmessungen des Raumes, sondern durch die Wägung bestimmt werden. Der Kubikfuss Wasser von 15° R. wog früher genau 66 Pfund, der Kubikzoll genau $^{11}/_{9}$ Loth, das Quart von 64 Kubikzoll, also genau $^{22}/_{9}$ Pfund. Jetzt ist die Relation zwischen Länge und Gewicht aufgehoben und wir werden nunmehr die durch Rechnung zu bestimmende grösste Genauigkeit eintreten lassen müssen. Diese ergiebt aber, dass ein Kubikfuss Wasser von 15° R. 61,7354 neue Pfunde wiegt, also der Kubikzoll 0,0357265 Pfund und das Quart 2,2865 Pfund. Die Grösse des Quartes nach dieser Berechnung, mit dem Liter verglichen, beträgt also 1,14325 Liter, wodurch die Vergleichung beider Maasse bei derselben Temperatur ausgedrückt wird. Gewöhnlich wird aber aus der Volumenbestimmung 1 Quart = 64 Kubikzoll = 1,14503 Kubikdecimeter oder Liter gesetzt, wobei die Kubikzolle bei 13° R., die Kubikdecimeter bei 0° ihre richtige Grösse haben, die Maasse also bei verschiedenen Temperaturen verglichen sind. Diese letztere Bestimmung wird nun, wenn sie auch für die praktische, durch Wägung erfolgende Volumenbestimmung nicht so bequem ist, bei den Vergleichungen beizubehalten sein, weil die Normal-Hohlmaasse, messingene Cylinder, so verfertigt worden sind, dass sie bei + 13° ihre richtige Grösse haben.

Das preussische Maasssystem ist nun folgendes:

a. Längenmaasse. Einheit: 1 Fuss = 0,3138535 Meter

Meile	Ruthe	Fuss
1	2000	24,000

Fuss	Zoll	Linie
1	12	144

b. Flächenmaass. Einheit: 1 Morgen = 180 Quadratruthen = 25,53224 Aren

c. Hohlmaass:

1. für trockne Sachen. Einheit: 1 Metze = 192 Kubikzoll = 3,43509 Liter

Scheffel	Metze	Quart
1	16	48

2. für Flüssigkeiten. Einheit: 1 Quart = 64 Kubikzoll = 1,14503 Liter

Oxhoft	Ohm	Eimer	Anker	Quart
1	$1^1/_2$	3	6	180

d. Gewicht:

1. altes; Einheit: 1 Pfund = 467,711 Grammen

Centner	Pfund	Loth	Quentchen
1	110	3520	14,080
	1	32	96

2. neues; Einheit: 1 Pfund = 500 Grammen

Centner	Pfund	Loth	Zent	Korn
1	100	3000	30,000	300,000
	1	30	300	3,000.

Literatur.

Gesetzsammlung 1816, Nr. 356, S. 142 ff.
* G. M. Kletke Preussische Maass- und Gewichtsordnung. Berlin 1844. 8. (Sammlung aller Verfügungen von 1816—42.)
* J. A. Eytelwein Vergleichung der in den preuss. Staaten eingeführten Maasse und Gewichte. Berlin 1798. 2. Aufl. 1810.
Nachtrag zu Eytelwein's Vergleichung der gegenwärtig und vormals in den königl. preuss. Staaten eingeführten Maasse und Gewichte. Berlin 1817. 8.
J. A. Eytelwein Ueber die Prüfung der Normal-Maasse und Gewichte für den königlich preussischen Staat und ihre Vergleichung mit den französ. Maassen und Gewichten.
Chelius a. a. O. S. 318*.
Muncke a. a. O. S. 1323*.
Abh. der Berlin. Akad. 1825. Math. Abh. S. 1. Berlin 1828; im Auszuge Hertha VIII, 10.
Kupffer a. a. O. I, 156*.

§. 159. Maasse deutscher Staaten.

Ausser den bereits aufgeführten deutschen Staaten, in denen entweder eine scharfe Regulirung selbständiger Maasse, oder eine modificirte Annahme des metrischen Systems erfolgte, sind nur noch etwa die Maasse Würtembergs und Baierns ausführlicher zu erwähnen, da in den übrigen deutschen Staaten entweder eine genaue Maassregulirung gar nicht stattgefunden hat, oder die Maasse doch nur eine lokale Bedeutung haben, weshalb es genügen wird, dass unten die Grösse der Hauptmaasse solcher Staaten angegeben ist.

Für Würtemberg ist unterm 30. Nov. 1806 eine sehr ausführliche Maassordnung erlassen worden, in welcher auch die gesetzlichen Grössen der Maasse genau bestimmt sind.

Die Maassvergleichung ward durch v. Bohnenberger ausgeführt. Das Maasssystem mit der Grössenbestimmung ist danach folgendes:

1. Längenmaass; Einheit: 1 Fuss = 127 paris. Linien = 0,28649 Meter

Ruthe	Fuss	Zoll	Linie
1	10	100	1000

2. Flächenmaass;
ein würtembergischer Morgen = 384 Quadratruthen = 38,400 Quadratfuss
= 31,517 Aren

3. Hohlmaass;
a. für trockne Sachen; Einheit: 1 Simri = $942\frac{1}{8}$ Kubikzoll = 22,1533 Liter

Scheffel	Simri	Vierling	Ecklein	Viertelein
1	8	32	256	1024

b. für Flüssigkeiten; Einheit: die Maass (Hall-, Eich-) $= 78^1/_8$ Kubikzoll
$= 1{,}83705$ Liter

Eimer	Imi	Maass	Schoppen
1	16	160	640

4. Gewicht; Einheit: das Pfund dem kölnischen gleich (= 0,467728 Kilogr.)

Centner	Pfund
1	104

Pfund	Loth	Quentlein
1	32	96.

Kupffer fand bei der Vergleichung genauer Copien ziemlich nahe die gesetzlich bestimmten Grössen, nämlich den Fuss = 0,286403, also bis auf $^1/_{10}$ Millimeter genau, und das Pfund = 0,477747 Kilogr., also um 19 Milligramm gegen die obige von Chelius herrührende Bestimmung zu schwer.

Literatur.

Chelius a. a. O. S. 348*.
Muncke a. a. O. S. 1360*.
Kupffer a. a. O.
Maass-Ordnung für die Königl. Würtembergischen Staaten. Vom 30. November 1806. Fol.
v. Bohnenberger Tübinger Blätter für Naturwissenschaften und Arzneikunde. Tübingen 1815. Bd. I, St. 1.

Für Baiern schreibt die „Allgemeine Verordnung" vom 28. Februar 1809 die gesetzliche Grösse der Maasse vor. Das Maasssystem ist:

1. Längenmaasse. Einheit: der Fuss = 129,38 par. Linien = $0^m{,}29186$, bei 13° R. an einem eisernen Maassstabe gemessen,

Ruthe	Fuss	Zoll	Linie
1	10	120	1440

2. Flächenmaasse:

ein baierscher Morgen, Tagewerk oder Juchert = 400 Quadratruthen
= 34,072 Aren

3. Hohlmaasse:

a. für Flüssigkeiten. Einheit: die Maasskanne = 43 Kubikzoll
= 1,06903 Liter

Eimer	Maasskanne
1	64

b. für trockne Sachen. Einheit: der Metzen $= 34^2/_3$ Maasskannen
= 37,0596 Liter

Scheffel	Metzen	Mässel	Dreissiger
1	6	48	192

4. Gewicht. Einheit: das münchner Pfund = 560 Grammes.

Bei der Prüfung genauer Copien fand Kupffer das Gewicht sehr genau der gesetzlichen Bestimmung entsprechend, nämlich das Pfund = 0,55998 Kilogr.; dagegen das Fussmaass zu klein. Da es nach obiger Bestimmung hätte 0,29186 Meter betragen müssen, wurde es nur zu 0,29103 Meter gefunden, welches fast

genau 129 paris. Linien sind. Vielleicht ist die gesetzliche Länge des Fusses durch spätere Bestimmungen um $^{38}/_{100}$ Linien verkürzt worden?

Literatur.

CHELIUS a. a. O.
MUNCKE a. a. O. S. 1364 *.
KUPFFER a. a. O. I, S. 201 *.
Allgemeine Verordnung, die Einführung eines gleichen Maass-, Gewichts- und Münzfusses im Königreich Baiern betreffend. München 28. Febr. 1809. (Regierungsbl. XX. Stück v. 11. März 1809.)

Von deutschen Maassen würden endlich noch zwei Gewichtsmaasse zu erwähnen sein, die noch bis vor Kurzem eine sehr allgemeine Verbreitung hatten, wenn auch in verschiedenen Ländern die Werthe nicht völlig übereinstimmten, nämlich das sogenannte nürnberger Medicinalgewicht und das kölnische oder augsburger Markgewicht.

Beide Gewichte haben zwar jetzt ihre Bedeutung verloren, da bei der Einführung des 500-Grammenpfundes in den meisten Ländern dieses das Münzpfund wurde und zugleich das Medicinalgewicht demselben angepasst ist. Indessen sind frühere Angaben oft nach beiden Gewichten gemacht worden, weil genauere Gewichtssätze derselben leichter zu haben waren, und es hat daher die Grösse und Eintheilung der Gewichte noch immer historisches Interesse.

Die Eintheilung des Medicinalpfundes ist überall dieselbe, nämlich

Pfund	Unze	Drachme	Skrupel	Gran
1	12	96	288	5760.

Die Grösse desselben weicht dagegen in den verschiedenen Ländern von einander etwas ab und die vielfach angestellten Versuche, den wahren Werth des nürnberger Medicinalpfundes festzustellen, haben zu keinem ganz sichern Resultate geführt. Nach CHELIUS (HAUSCHILD) würde das Pfund = 357,854 Grammen, nach EYTELWEIN = 357,567 Grammen zu setzen sein [1].

Auch die Eintheilung des früher sehr allgemeinen Silbergewichts, der kölnischen Mark, welcher die augsburger gleich sein sollte, ist überall die nämliche:

Mark	Loth	Quint	Pfennig	Richtpfennig
1	16	64	256	65,536
			1	256,

[1] Das Medicinalgewicht hat vermuthlich eine sehr merkwürdige Geschichte. Wie schon BÖCKH erwähnt, ist das nürnberger Gewicht durch den Gebrauch desselben beim Spezereihandel von Venedig nach Nürnberg gekommen. In Venedig war es ein uraltes beim Handel nach Asien gebrauchtes Gewicht. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass es die halbe äginäische Mine ist, welche, wie oben bei dem römischen Gewicht angeführt wurde, neben dem römischen Pfunde zu gewissen Zwecken in Gebrauch war. Dieses Gewicht gelangte also ohne Zweifel zu allen der römischen Herrschaft unterworfenen oder mit Rom in Handelsverkehr stehenden Völkern. Man darf daher in dem alten französischen und holländischen Medicinalgewicht und in dem englischen Troygewicht (letzteres sogar in der Eintheilung übereinstimmend) das alte äginäische Gewicht vermuthen. Oben wurde der wahrscheinliche Werth für die halbe äginäische Mine aus dem Wassergewicht zu 364.031 Grammen bestimmt, während für das Medicinalpfund und das Troygewicht die Werthe sind:

nürnberger Gewicht nach EYTELWEIN	357,567
„ „ in Würtemberg	357,647
„ „ in Schleswig-Holstein	357,664
„ „ in Dänemark	357,669
altfranzösisches Medicinalgewicht	367,130
altholländisches „	369,126
englisches Troygewicht	373,244.

ebenso wie beim Medicinalpfunde ist aber der wirkliche Werth nicht mit Sicherheit zu ermitteln gewesen.

Chelius fand aus vielen Wägungen die Mark = 233,75 Grammen, während in Preussen an der Münze das Gewicht der kölnischen Mark zu 233,8555 Grammen gesetzt wird.

Literatur.

Muncke a. a. O. S. 1377*.
Friedr. Löhmann. Leipzig 1832. 4.
Eytelwein Vergleichung etc. 2. Aufl. 1810. S. 128.
Chelius a. a. O. S. 60 u. s. w.
Eytelwein Abh. d. Berl. Akad. 1812 u. 1819.
Chelius Ueber die wahre kölnische Mark. Frankf. a. M. 1820. 8.

§. 160. Dänemark.

Im eigentlichen Königreiche Dänemark ist schon frühzeitig eine gleichzeitig mit für Norwegen geltende Maassordnung erlassen worden. Auch fand im Anfange dieses Jahrhunderts eine Vergleichung der in Dänemark geltenden Normalmaasse mit denen des metrischen Systemes durch Thom. Bugge statt. Der Fuss sollte der rheinländische sein und nach Bugge's Vergleichung 139,027 paris. Linien betragen, während Chelius 139,09 paris. Linien fand. Einheit des Gewichtes sollte das Pfund = der Schwere von $^1/_{62}$ Kubikfuss Wasser sein, oder nach Bugge 499,26 Grammen wiegen.

Durch eine königl. Resolution vom 28. Juni 1820 wurde eine anderweitige Feststellung der Maasse im Vergleiche zu natürlichen Maassen vorgenommen. Die Grundbestimmungen dieses Gesetzes sind: Ein dänischer Zoll ist der 38ste Theil des Sekundenpendels unterm 45sten Grade der Breite, im Meridian von Skagen (!), im Meeresniveau und im luftleeren Raume schwingend.

Ein Pot (Flüssigkeitsmaass) ist $^1/_{32}$ Kubikfuss, eine Tonne (Trockenmaass) = $4^1/_2$ Kubikfuss. Ein Pfund ist das Gewicht von $^1/_{62}$ Kubikfuss Wasser.

Mit der genauen Ermittelung dieser Maasse zur Anfertigung der Normalen wurden Schumacher und Chr. Oersted betraut.

Es kam indessen nicht zur Ausführung der Arbeiten, da, während Schumacher noch mit Pendelbeobachtungen beschäftigt war, Bessel seine genauen Bestimmungen des rheinländischen Fusses im Vergleich zur Pendellänge bereits bekannt gemacht hatte.

Berechnet man nämlich die Länge des im Gesetze bestimmten dänischen Fusses, so findet man dieselbe dem in Preussen geltenden rheinländischen Fuss fast gleich.

Wegen dieser geringen Abweichung wurde durch eine königl. Resolution vom 3. Juni 1835 bestimmt, dass der dänische Fuss dem rheinländischen von 139,13 paris. Linien gleich sein solle.

Ganz ähnlich erging es mit dem Gewichte. Die gesetzliche Bestimmung des Pfundes würde auf eine dem halben Kilogramm sehr nahe kommende Grösse führen; und es ward daher das halbe Kilogramm als das gesetzliche dänische Pfund angenommen.

Das Maasssystem ist nun folgendes:

1. Längenmaass. Einheit: 1 Fuss = 0^m,3138535

Ruthe	Faden	Elle	Fuss	Zoll	Linie
1	$^3/_5$	5	10	120	1440

2. Flächenmaass. Einheit: 1 Tonne = 14,000 Quadratellen = 55,16 Aren

Tønda	Skjepper	Fjerdingkar	Album
1	8	32	96

3. Hohlmaass:

a. für Flüssigkeiten. Einheit: 1 Pott = $^1/_{32}$ Kubikfuss = 0,96612 Liter

Fuder	Ohm	Anker	Kanne	Pott
1	6	24	465	930

b. für trockne Sachen. Einheit: die seeländische Tonne = $4^1/_2$ Kubikfuss = 139,1211 Liter

Tonne	Scheffel	Viertel
1	8	32

4. Gewicht. Einheit: das Pfund = 500 Grammen

Centner	Pfund
1	100.

Die älteren dänischen Maasse waren, wie erwähnt, in Norwegen gültig und hat daselbst Hansteen eine genauere Vergleichung der geltenden Maasse mit den metrischen u. s. f. ausgeführt, wonach der Fuss = 139,0808 paris. Linien = 0,3137425 Meter und das Pfund 498,1137 Grammen betragen sollte, während letzteres in Wirklichkeit zu 499,3 Grammen ausgeführt wurde. Wie in Dänemark, so ist auch in Norwegen jetzt das 500-Grammen-Pfund eingeführt.

Verschieden von den dänischen Maassen sind die in den Herzogthümern Schleswig und Holstein geltenden, welche den Verkehrsverhältnissen entsprechend sich denen der deutschen Hansestädte anschliessen. Längeneinheit ist der hamburger Fuss = 0^m,28657, Gewichtseinheit das lübsche Pfund = 0^{klgr},48472. An die Stelle des letzteren ist indessen kürzlich das 500-Grammen-Pfund getreten.

Literatur.

Chelius a. a. C. S. 213 *.
Muncke a. a. O. S. 1339 *.
Thom. Bugge Reise nach Paris in den Jahren 1798 und 1799. Aus d. Dän. übers. v. Tilemann. Kopenhagen 1801. 8.
A. F. Bergsøe Den danske Stats Statistik. B. II, 646 *; IV, 891 *. Kiøbenhavn 1847, 1853. 8.
Hansteen Magazin for Naturvidenskaberne. 1823. Heft 4, S. 175.
G. Karsten Maass und Gewicht in den Herzogthümern Schleswig und Holstein. Kiel 1857. 4. (aus dem landwirthsch. Wochenblatt) *.

§. 161. Schweden.

Die Schwedischen Maasse sind im Jahre 1824 im Auftrage der Regierung von Svanberg und Cronstrand einer genauen Regulirung unterworfen worden.

Die Grundbestimmungen sind folgende. Einheit der Länge ist der schwedische Fuss. 33,505574 schwedische Decimalzolle gehen auf die Länge des einfachen Sekundenpendels unter dem 45° der Breite, auf den Meeresspiegel und

den luftleeren Raum reducirt. Das Meter würde dann 3,3681256 schwedische Fuss und der schwedische Fuss = 1,0265866 englische Fuss sein. Einheit des Hohlmaasses ist die Kanne von 100 Kubikdecimalzollen Wasser Inhalt bei 16²/₃ ° C., also = 2,61464 Liter, beide Maasse bei ihrer Normaltemperatur verglichen.

Einheit des Gewichtes ist das Handelspfund (Skalpund), welches dadurch bestimmt ist, dass 100 Kubikdecimalzoll Wasser von 16²/₃ ° C. im luftleeren Raume gewogen 6,151951 Pfund wiegen sollen, was für das Pfund 425,01 Grammen ergiebt.

Mit diesen Angaben stimmt das Resultat von Kupffer's Vergleichung genauer Copien der schwedischen Maasse mit englischen und metrischen Maassen sehr nahe überein. Es wurde nämlich gefunden:

1 Fuss schwedisch	=	1,02660	Fuss englisch
1 Meter	=	3,36821	schwedische Fuss
1 Skalpund	=	425,088	Grammen,

so dass also die obigen Bestimmungen als genau angesehen werden können.

Das System der schwedischen Maasse ist:

1. Längenmaass. Einheit: 1 Fuss = 0,298458 mittlere Pendellänge
= 0,296894 Meter

Faden (Famn)	Elle (Aln)	Fuss (Fot)	Zoll (Tum)	Linie (Linier)
1	3	6	60	600
		oder	72	864

2. Flächenmaass. 1 Tonne = 56,000 Quadratfuss = 49,36 Aren.

3. Hohlmaass; Einheit: die Kanna = 100 Kubikdecim.-Zoll = 2,61464 Liter

a. für Flüssigkeiten:

Am	Ankar	Kanna	Stop	Quarter	Jungfrur
1	4	60	120	480	1920

b. für trockne Sachen:

grosse Tunna	kleine Tunna	Kappa	Kanna
1	⁹/₈	36	63

4. Gewichte. Einheit: 1 Skalpund = 16,255 Kubikdec.-Zoll Wasser von 16²/₃° C.
= 425,0104 Grammen

Skeppund	Lispund	Skalpund
1	20	400
Skalpund	**Lod**	**Quintin**
1	32	128.

Literatur.

Muncke a. a. O. S. 1333*.
Stockholm. Denkschr. 1825, S. 1; daraus in *Journ. of the Roy. Inst.* XLIII, 164.
L'Institut. 1834. Nr. 37.
Ann. des Mines. XII, 336.
Dove a. a. O. S. 21* u. 26*.
Kupffer a. a. O. I, 249*.

§. 162. Italienische Staaten.

Von den Maassen italienischer Staaten sind, soweit sie nicht bereits erwähnt wurden, nur noch die toskanischen und römischen zu nennen, für welche genauere gesetzliche Vorschriften existiren.

In Toskana wurde das Maasswesen durch eine Ordonnanz des Grossherzogs PETER LEOPOLD vom 11. Juli 1782 geregelt.

KUPFFER erhielt 1830 genaue Copien des gesetzlich gültigen Gewichtes und bestimmte den Werth des toskanischen Pfundes (*Libbra uniforme Toscana*) zu 0,33948 Kilogr., während CHELIUS 0,339542 Kilogr. angiebt.

Als Grundmaass der Länge gilt ein kupferner, in cararischen Marmor eingepasster und mit der CONDAMINE'schen Toise verglichener Maassstab von 2 Ellen Länge, ein Passetto, dessen Länge nach CHELIUS bei 14° R. 1,16731 Meter oder 517,46 paris. Lin. beträgt. Die Elle, Braccio da Panno oder der halbe Passetto ist die Maasseinheit.

Das Maasssystem ist:

1. Längenmaass; Einheit: 1 Braccio = 0,58366 Meter

Ruthe (Canna)	Doppelelle (Passetto)	Elle (Braccio)	Zoll (Soldo)	Linie (Denaro)
1	$2^1/_2$	5	100	1200

2. Flächenmaass: 1 Quadrato = 100 Tavole = 10000 Braccia = 34,06 Aren
3. Hohlmaass:

a. für Flüssigkeiten

Barile da Vino	Fiascho	Mezzetta	Quartucco
1	20	80	160

ein Barile da Vino = 45,584 Liter

Barile da Olio	Fiascho	Mezzetta
1	16	64

ein Barile da Olio = 33,429 Liter

b. für trockne Sachen

Stajo	Mina	Quarto	Mezzetta	Quartucco
1	2	4	32	64

ein Stajo = 24,363 Liter

4. Gewicht; Einheit: d. Libbra = 339,54 Grammen

Libbra	Oncia	Denaro	Grano
1	12	288	6912
	1	24	576.

Literatur.

CHELIUS a. a. O. S. 147* u. 330*.
v. ZACH Darstellung des Maasssystems in Toskana. Monats-Corresp. März 1810. Gotha.
MUNCKE a. a. O. S. 1385*.
KUPFFER a. a. O. I, 193*.

Für den römischen Kirchenstaat scheint eine gesetzliche Normirung und Regulirung des Maasswesens nicht stattgefunden zu haben, wenigstens theilt

Kupffer nur die bei der 1830 erfolgten Uebermittlung genauer Copien der gesetzlich geltenden Maasse beigefügten Beglaubigungsscheine mit, nicht aber die gesetzlichen Bestimmungen, auf welche sich die Werthe der Maasse etwa begründen sollen.

Kupffer's Messungen ergeben den römischen Passetto von 3 Palmen, eine Länge = 0,66957 Meter, also Palmo = 0,22319. Muncke dagegen führt nach Kelly für die Canna = 10 Palmi 2,234 Meter und für den Piede Romano oder $\frac{4}{3}$ Palmi 0,297895 Meter an, was gegen Kupffer's Messung, die nur $0^m,29759$ ergeben, erheblich zu gross ist.

Für das Pfund findet Kupffer 339,16 Grammen, während Kelly 339,12 Grammen angiebt.

Literatur.

Muncke a. a. O. S. 1386*.
Kelly a. a. O. S. 376.
Kupffer a. a. O. I, S. 252*.

§. 163. Spanien.

Spanien und Portugal sollen zwar sorgfältig regulirte Maasse besitzen, indessen weichen die Angaben über die wirkliche Grösse der Grundmaasse sehr beträchtlich von einander ab.

Für Spanien ist Einheit des Längenmaasses der Pie de Burgos, der nach Kelly $0^m,2826$ lang ist, während Kupffer ihn zu $0^m,27858$ bestimmt. Die gebräuchlichen Längenmaasse sind:

Estadal	Passo	Braza Toesa	Vara	Pie
1	$2\frac{2}{5}$	2	4	12

Pie	Palmo	Pulgada	Diedo	Linea
1	$\frac{4}{3}$	12	16	144.

Die Gewichtseinheit ist die s. g. Castilische Mark (auch Marco de Burgos), welche der kölnischen gleich sein soll und nach Kelly 230,043 Grammen wiegt. Hassler giebt aber das Gewicht der Münzstätte zu Madrid = 230,3068 Grammen an, dagegen die ursprünglich wohl gleich schwere Mark von Mexico zu 230,0466 Grammen.

Die Theilung der Gewichte ist dann

Libra	Marco	Onça	Ochavo	Grano
1	2	16	128	9216

Quintal	Arroba	Libra
1	25	100.

Neuerdings soll in Spanien das Kilogramm als gesetzliches Gewicht eingeführt worden sein.

Portugal.

Die portugiesischen und mit denselben übereinstimmenden brasilianischen Maasse giebt Muncke nach Kelly an. Das Normal-Längenmaass ist der Palmo de Craveira = $0^m,2190$ und die wichtigsten Maasse sind:

Pe	Palmo	Pollegada	Linha	Punto
1	$^3/_2$	12	144	1440.

Das Pfund (Arratel) = 458,92 Grammen wird wie das spanische eingetheilt.

Literatur.

MUNCKE a. a. O. S. 1387*.
KUPFFER a. a. O. I, S. 494*.
KELLY a. a. O. I, 272.
Allgemeine Werke über Maass und Gewichte aller Länder sind ausser den schon angeführten von CHELIUS, KELLY und LÖHMAN.
NELKENBRECHER.
F. HORTOLAN *Le régulateur ou traité complet des poids, mesures etc.* Naples 1830. II. Vol. 8.
CHR. und FR. NOBACK Münz-, Maass- und Gewichtsbuch. Leipzig 1858. 8.

§. 164. Vergleichung der Maasse.

Eine ausführliche Vergleichung aller der aufgezählten gleichartigen Maasse untereinander wird nicht erforderlich sein, da nur von den wenigsten eine häufigere wissenschaftliche Benutzung vorkommt. Für die meisten Maasse wird es daher genügen, ihren Werth im Verhältniss zu einem der bestbestimmten Maasse, dem metrischen, anzugeben. Das alt- und neufranzösische, das englische und preussische Maass dagegen, welche bei wissenschaftlichen Untersuchungen am häufigsten vorkommen, werden ausführlicher mit einander verglichen.

In den folgenden Vergleichungslisten der Maasse sind auch einige Maasse aufgenommen, die im Vorigen nicht erwähnt wurden, weil sie nicht genau regulirten Maasssystemen angehören, und ist daher die Werthangabe solcher Maasse nur als annähernd richtig zu betrachten [1].

Vergleichung verschiedener Längenmaasse mit dem Meter und des Meters mit den Längenmaassen.

		das Maass = Meter	der Meter = Maass	Grössenbestimmung von:
Baden:	Fuss	0,30000	3,3333	d. Gesetz
Baiern:	münchener Fuss	0,29186	3,4263	d. Gesetz
		0,29103	3,4361	KUPFFER
	alt-nürnberger Fuss	0,30397	3,2898	CHELIUS
		0,30291	3,3013	KUPFFER
	alt-augsburger Fuss	0,29617	3,3764	CHELIUS
	rheinbaierscher Fuss	0,33333	3,0000	d. Gesetz
Bremen:	Fuss	0,28923	3,4575	KUPFFER
		0,28935	3,4560	CHELIUS
Dänemark:	Fuss	0,31385	3,1862	d. Gesetz

[1] Für alle sonst etwa vorkommenden Maasse kann das oben genannte sehr zuverlässige Werk von NOBACK empfohlen werden, welches sowohl rücksichtlich der Genauigkeit der Angaben, als wegen der Berücksichtigung aller bis in die neueste Zeit vorgekommenen Veränderungen die ähnlichen praktischen Werke weit übertrifft. Wenn auch kleine Abweichungen von den wirklichen Grössen bei einzelnen Maassbestimmungen vorkommen, wie die nachstehenden Listen zeigen, so sind dieselben doch sehr unbeträchtlich und zum Theil in der Unbestimmtheit der Maasse selbst begründet.

		das Maass = Meter	der Meter = Maass	Grössenbestimmung von:
England:	Fuss	0,30479	3,2809	d. Gesetz
Frankfurt a. M.:	Fuss	0,28461	3,5136	CHELIUS
Frankreich:	alt-pariser Fuss	0,32484	3,0784	d. Gesetz
Hamburg:	Fuss	0,28657	3,4895	NOBACK
		0,28642	3,4914	CHELIUS
Hannover:	Fuss	0,29209	3,4236	v. VEGA
		0,29200	3,4247	CHELIUS
Hessen, Grossherzogth.:	Fuss	0,25000	4,0000	d. Gesetz
Hessen, Kurfürstenth.:	Werkfuss	0,28773	3,4755	KUPFFER
	Ruthenfuss	0,39877	2,5077	KUPFFER
Holstein: wie Hamburg				
Lübeck:	Fuss	0,28773	3,4755	KUPFFER
		0,28790	3,4734	CHELIUS
		0,29100	3,4364	v. VEGA
Mecklenburg-Schwerin:	rostocker Fuss	0,28770	3,4758	CHELIUS
Nassau:	Werkfuss wie Baden			
	Feldschuh	0,50000	2,0000	d. Gesetz
Neapel:	Palmo	0,26455	3,7800	d. Gesetz
		0,26349	3,7952	KUPFFER
Niederlande:	Elle	1,00000	1,0000	d. Gesetz
		1,00021	0,9998	KUPFFER
Nord-Amerika: wie England				
Norwegen:	Fuss	0,31376	3,1871	d. Gesetz
Oesterreich:	wiener Fuss	0,31609	3,1637	d. Gesetz
		0,31602	3,1644	KUPFFER
Polen:	Fuss	0,28765	3,4765	KUPFFER
Portugal:	Palmo	0,21900	4,5662	KELLY
Preussen:	rheinländ. Fuss	0,31385	3,1862	d. Gesetz
Rom:	Passetto	0,66957	1,4935	KUPFFER
Russland:	Fuss wie England			
Sachsen, Königreich:	Fuss	0,28319	3,5312	d. Gesetz
		0,28326	3,5303	CHELIUS
		0,28330	3,5298	KUPFFER
Sardinien:	Piede liprando	0,51440	1,9440	d. Gesetz
		0,51365	1,9468	KUPFFER
Schweden:	Fuss	0,29689	3,3681	d. Gesetz
Schweiz:	Fuss wie Baden			
Sicilien:	Fuss	0,25867	3,8660	KUPFFER
Spanien:	Fuss	0,27858	3,5896	KUPFFER
		0,28266	3,5378	v. VEGA
Toscana:	Braccio	0,58366	1,7133	CHELIUS
Venedig:	Fuss	0,34726	2,8797	KUPFFER
Würtemberg:	Fuss	0,28649	3,4905	d. Gesetz
		0,28640	3,4916	KUPFFER.

Vergleichung verschiedener Gewichte mit dem Kilogramm und des Kilogramms mit den Gewichten.

		Gewicht = Kilogr.	Kilogr. = Gewicht	Gewichtsbestimmung von:
Baden:	Pfund	0,50000	2,0000	d. Gesetz
Baiern:	münchener Pfund	0,56000	1,7857	d. Gesetz
	alt-nürnberger Pfund	0,51000 0,51023	1,9608 1,9599	Chelius Kupffer
Bremen:	altes Pfund	0,49850 0,49858	2,0060 2,0057	d. Gesetz Kupffer
Dänemark:	altes Pfund	0,49926	2,0030	d. Gesetz
England:	Pfund Troy	0,37324	2,6792	d. Gesetz
	Pfund Avoir du poids	0,45359	2,2046	d. Gesetz
Frankfurt a. M.:	altes Pf., Leichtgewicht	0,46788	2,1373	d. Gesetz
Hamburg:	altes Pfund	0,48442 0,48461	2,0656 2,0635	Chelius Schumacher
Hannover:	altes Pfund	0,48957 0,48964	2,0426 2,0423	Chelius Noback
Hessen, Kurfürstenth.:	schweres Pfund	0,48419 0,48424	2,0653 2,0651	Chelius v. Vega
Holstein: wie Lübeck				
Lombardei:	Kilogrammo	1,00000 1,00014	1,0000 0,99986	d. Gesetz Kupffer
Lübeck:	Pfund	0,48389 0,48472 0,48647	2,0666 2,0630 2,0556	Chelius Kupffer u. Schumacher Noback
Mailand:	grosses Pfund	0,76244 0,76313	1,3116 1,3104	Chelius Kupffer
	kleines Pfund	0,32676 0,32702	3,0604 3,0579	Chelius Kupffer
Mecklenburg-Schwerin:	wie Lübeck			
Neapel:	Rottolo	0,89100 0,89064	1,1224 1,1228	d. Gesetz Kupffer
Niederlande:	Pond	1,00000 1,00024	1,0000 0,99976	d. Gesetz Kupffer
	alt-holländ. Pfund Troy	0,49217	2,0318	Chelius
Nord-Amerika wie England: Pfund Avoir du poids				
Oesterreich:	Pfund	0,56002	1,7857	d. Gesetz
Polen:	Pfund	0,40550 0,40524	2,4661 2,4677	v. Vega Kupffer
Portugal:	Arratel	0,45892 0,45898	2,1795 2,1787	Kelly v. Vega
Preussen:	altes Pfund	0,46771	2,18307	d. Gesetz

		Gewicht = Kilogr.	Kilogr. = Gewicht	Gewichtsbestimmung von:
Rom:	Pfund	0,33916 0,33907	2,9485 2,9492	KUPFFER NOBACK
Russland:	Pfund	0,40952	2,4419	d. Gesetz
Sachsen, Königreich:	altes Pfund	0,46714 0,46721	2,1407 2,1404	KUPFFER v. VEGA
Sardinien:	Pfund	0,36888	2,7109	d. Gesetz
Schweden:	Pfund	0,42501	2,3525	d. Gesetz
Sicilien:		0,31905	3,1343	KUPFFER
Spanien:	(Marco de Burgos)	0,23031 0,23004	4,3420 4,3471	HASSLER KELLY
Toscana:	Pfund	0,33954 0,33948	2,9452 2,9457	CHELIUS KUPFFER
Türkei:	Ocqua	1,2856	0,77787	KUPFFER
Venedig:	grosses Pfund	0,47712	2,0959	KUPFFER
	kleines Pfund	0,30129	3,3191	KUPFFER
Würtemberg:	altes Pfund	0,46775	2,1379	KUPFFER.

§. 165. Verwandlungstafeln für die wichtigsten Längenmaasse *.

Den Tafeln zur Verwandlung der wichtigsten Längenmaasse in einander liegen folgende, in den früheren §§. festgestellte Bestimmungen zu Grunde:

1 Meter = 443,295936 paris. Linien
39,371 engl. Zoll = 1 Meter
1 rheinl. Fuss = 0,3138535 Meter
1 wiener Klafter = 840,7152 paris. Linien.

Die Längenmaasse sind nicht bei gleichen Temperaturen mit einander verglichen, sondern jedes Maass bezieht sich auf die gesetzliche Normaltemperatur.

A. Meilen.

Geograph. Meile 15 = 1° 3807,23 Tois.	Frankreich Myriameter 10,000 Meter	England Meile 5280 Fuss	Seemeile engl. u. franz. 20 = 1°	Preussen Meile 24,000 Fuss	Oesterreich Meile 24,000 Fuss	Russland Werst 3500 Fuss
1	0,7420430 9,8704291	4,610950 0,6637904	1,333333 0,1249387	0,9851240 9,9934909	0,9781692 9,9904140	6,955948 0,8423563
1,347631 0,1295709	1	6,213857 0,7933613	1,796841 0,2545096	1,327584 0,1230618	1,318211 0,1199849	9,374049 0,9719272
0,2168750 9,3362096	0,1609306 9,2066387	1	0,2891667 9,4611483	0,2136488 9,3297005	0,2121405 9,3266236	1,508571 0,1785639
0,7500000 9,8750613	0,5565323 9,7454904	3,458212 0,5388517	1	0,7388430 9,8685522	0,7336270 9,8654753	5,216961 0,7174176
1,015104 0,0065091	0,7532484 9,8769382	4,680579 0,6702995	1,353467 0,1314478	1	0,9929402 9,9969231	7,060987 0,8488654
1,022318 0,0095860	0,7586040 9,8800151	4,713857 0,6733764	1,363091 0,1345247	1,007110 0,0030769	1	7,111190 0,8519423
0,1437649 9,1576437	0,1066775 9,0280728	0,6628788 9,8214344	0,1916826 9,2825824	0,1416233 9,1511346	0,1406234 9,1480577	1

* Die zweiten Zahlenreihen in den Vergleichungstafeln sind die Briggischen Logarithmen.

B. Klattermaasse.

Frankreich Meter	Frankreich Toise 6′	England Yard 3′	Preussen Ruthe 12′	Oesterreich Klafter 6′	Russland Saschen 6′
1	0,5130740 9,7101800	1,093639 0,0388739	0,2655167 9,4240918	0,5272842 9,7220448	0,4687024 9,6708972
1,949037 0,2898200	1	2,132033 0,3287939	0,5175017 9,7139118	1,027696 0,0118648	0,9135182 9,9607172
0,9143788 9,9611261	0,4690359 9,6712061	1	0,2427828 9,3852179	0,4821374 9,6831709	0,4285714 9,6320233
3,766242 0,5759082	1,932361 0,2860882	4,118909 0,6147821	1	1,985880 0,2979530	1,765247 0,2468054
1,896510 0,2779552	0,9730500 9,9881352	2,074097 0,3168291	0,5035551 9,7020470	1	0,8888990 9,9488524
2,133550 0,3291028	1,094669 0,0392828	2,333333 0,3679767	0,5664931 9,7531946	1,124987 0,0511476	1

C. Fussmaasse.

Frankreich Meter	Frankreich pariser Fuss	England Fuss	Preussen rheinländ. Fuss	Oesterreich wiener Fuss
1	3,078444 0,4883313	3,280917 0,5159952	3,186200 0,5032730	3,163706 0,5001961
0,3248394 9,5116687	1	1,065771 0,0276639	1,035003 0,0149417	1,027695 0,0118648
0,3047928 9,4840048	0,9382879 9,9723361	1	0,9711309 9,9872778	0,9642749 9,9842009
0,3138535 9,4967270	0,9661807 9,9850583	1,029727 0,0127222	1	0,9929402 9,9969231
0,3160850 9,4998039	0,9730500 9,9881352	1,037049 0,0157991	1,007110 0,0030769	1

D. Zollmaasse.

Frankreich Centimeter	Frankreich pariser Zoll	England englische Zoll	Preussen rheinländ. Zoll	Oesterreich wiener Zoll
1	0,3694133 9,5675125	0,3937100 9,5951764	0,3823438 9,5824542	0,3796446 9,5793773
2,706995 0,4324875	1	1,065771 0,0276639	1,035003 0,0149417	1,027695 0,0118648
2,539944 0,4048236	0,9382879 9,9723361	1	0,9711309 9,9872778	0,9642749 9,9842009
2,615447 0,4175458	0,9661807 9,9850583	1,029727 0,0127222	1	0,9929402 9,9969231
2,634042 0,4206227	0,9730500 9,9881352	1,037049 0,0157991	1,007110 0,0030769	1

E. Linienmaasse.

Frankreich Millimeter	Frankreich pariser Linie	England englische Zoll	Preussen rheinländ. Linie	Oesterreich wiener Linie
1	0,4432960 9,6466938	0,0393710 8,5951764	0,4588127 9,6616355	0,4555736 9,6585586
2,255829 0,3533062	1	0,0888142 8,9484826	1,035003 0,0149417	1,027695 0,0118648
25,39940 1,4048234	11,25945 1,0515174	1	11,65357 1,0664591	11,57130 1,0633822
2,179538 0,3383645	0,9661807 9,9850583	0,0858106 8,9335409	1	0,9929402 9,9969231
2,195035 0,3414414	0,9730500 9,9881352	0,086427 8,9366178	1,007110 0,0030769	1

§. 166. Verwandlungstafeln für die wichtigsten Flächenmaasse.

A. Landmaasse.

Frankreich Hektare 10,000 Q.-Met.	Frankreich Arpent des eaux et forêts 48,400 Q.-Fuss	England Acre 4840 Q.-Yard	Preussen Morgen 180 Q.-Ruthen	Oesterreich Joch 1600 Q.-Klaft.	Russland Dessätina 2400 Q.-Sasch.
1	1,958020 0,2918172	2,471170 0,3929026	3,916617 0,5929111	1,737679 0,2399695	0,9153416 9,9615832
0,5107199 9,7081828	1	1,259173 0,1010854	2,000295 0,3010939	0,8874672 9,9481523	0,4674832 9,6697660
0,4046667 9,6070974	0,7923454 9,8989146	1	1,584924 0,2000085	0,7031806 9,8470669	0,3704082 9,5686806
0,2553224 9,4070889	0,4999265 9,6989061	0,6309450 9,7999915	1	0,4436683 9,6470584	0,2337072 9,3686721
0,5754803 9,7600304	1,126802 0,0518477	1,422110 0,1529331	2,253936 0,3529416	1	0,5267611 9,7216137
1,092488 0,0384168	2,139114 0,3302340	2,699724 0,4313194	4,278858 0,6313279	1,898394 0,2783863	1

B. Quadrat-Klaftermaass.

Frankreich Quadrat-Meter	Frankreich Quadrat-Toise	England Quadrat-Yard	Preussen Quadrat-Ruthe	Oesterreich Quadrat-Klafter	Russland Quad.-Saschen
1	0,2632449 9,4203600	1,196046 0,0777478	0,0704991 8,8481836	0,2780286 9,4440896	0,2196820 9,3417944
3,798744 0,5796400	1	4,545564 0,6575878	0,2678080 9,4278236	1,056160 0,0237296	0,8345156 9,9214344
0,8360884 9,9222522	0,2199947 9,3424122	1	0,0589435 8,7704358	0,2324565 9,3663418	0,1836735 9,2640466
14,18457 1,1518164	3,734018 0,5721764	16,96540 1,2295642	1	3,943719 0,5959060	3,116094 0,4936108
3,596751 0,5559104	0,9468264 9,9762704	4,301879 0,6336582	0,2535678 9,4040940	1	0,7901445 9,8977048
4,552034 0,6582056	1,198300 0,0785656	5,444444 0,7359534	0,3209144 9,5063892	1,265596 0,1022952	1

C. Quadrat-Fussmaass.

Frankreich Quadrat-Meter	Frankreich Quadrat-Fuss	England Quadrat-Fuss	Preussen Quadrat-Fuss	Oesterreich Quadrat-Fuss
1	9,476820 0,9766626	10,76441 1,0319904	10,15187 1,0065460	10,00903 1,0003922
0,1055206 9,0233374	1	1,135868 0,0553278	1,071231 0,0298834	1,056160 0,0237296
0,0928987 8,9680096	0,8803840 9,9446722	1	0,9430954 9,9745556	0,9298262 9,9684018
0,098504 8,9934540	0,9335049 9,9701166	1,060338 0,0254444	1	0,9859302 9,9938462
0,0999097 8,9996078	0,9468264 9,9762704	1,075470 0,0315982	1,014270 0,0061538	1

D. Quadrat-Zollmaass.

Frankreich Quadr.-Centimeter	Frankreich Quadrat-Zoll	England Quadrat-Zoll	Preussen Quadrat-Zoll	Oesterreich Quadrat-Zoll
1	0,1364662 9,1350250	0,1550075 9,1903528	0,1461869 9,1649084	0,1441301 9,1587546
7,327823 0,8649750	1	1,135868 0,0553278	1,071231 0,0298834	1,056160 0,0237296
6,451300 0,8096472	0,8803840 9,9446722	1	0,9430954 9,9745556	0,9298262 9,9684018
6,840560 0,8350916	0,9335049 9,9701166	1,060338 0,0254444	1	0,9859302 9,9938462
6,938178 0,8412454	0,9468264 9,9762704	1,075470 0,0315982	1,014270 0,0061538	1

E. Quadrat-Linienmaass.

Frankreich Quadr.-Millimeter	Frankreich Quadrat-Linie	England Quadrat-Zoll	Preussen Quadrat-Linie	Oesterreich Quadrat-Linie
1	0,1965113 9,2933876	0,0015501 7,1903528	0,2105091 9,3232710	0,2075474 9,3171172
5,088765 0,7066124	1	0,0078880 7,8969652	1,071231 0,0298834	1,056160 0,0237296
645,1300 2,8096472	126,7754 2,1030348	1	135,8058 2,1329182	133,8950 2,1267644
4,750387 0,6767290	0,9335049 9,9701166	0,0073635 7,8670818	1	0,9859302 9,9938462
4,818178 0,6828828	0,9468264 9,9762704	0,0074685 7,8732356	1,014270 0,0061538	1

§. 167. Verwandlungstafeln für die wichtigsten Raummaasse.

Die Raummaasse der folgenden Tafeln haben ihre richtige Grösse bei den gesetzlich bestimmten Normaltemperaturen, sind also nicht bei einer und derselben Temperatur mit einander verglichen.

A. Trockenmaasse.

Frankreich Hektoliter 100 Kub.-Dec.	Frankreich Setier 5246,24 Kub.-Z.	England Bushel 2218,191 K.-Z.	Preussen Scheffel 3072 Kub.-Z.	Oesterreich Metzen 1,9471 Kub.-F.	Russland Tschetverik 1601,22 Kub.-Z.
1	0,9609250 9,9826895	2,751253 0,4395305	1,819455 0,2599415	1,626298 0,2112000	3,811345 0,5810783
1,040666 0,0173105	1	2,863130 0,4568410	1,893442 0,2772520	1,692429 0,2285105	3,966329 0,5983888
0,3[illegible]34708 9,5604695	0,3492682 9,5431591	1	0,6613190 9,8204110	0,5911117 9,7716695	1,385313 0,1415478
0,5496149 9,7400585	0,5281387 9,7227480	1,512130 0,1795890	1	0,8938374 9,9512585	2,094772 0,3211368
0,6148937 9,7888000	0,5908667 9,7714895	1,691728 0,2283305	1,118772 0,0487415	1	2,343572 0,3698783
0,2623745 9,4189217	0,2521223 9,4016112	0,7218587 9,8584522	0,4773789 9,6788632	0,4267001 9,6301227	1

B. Flüssigkeitsmaasse.

Frankreich Liter 1 Kub.-Decim.	Frankreich Pinte 46,95 Kub.-Zoll	England Gallon 277,2738 K.-Z.	Preussen Quart 64 Kub.-Zoll	Oesterreich Maass 0,0448 Kub.-F.	Russland Vedro 750,57 Kub.-Z.
1	1,073747 0,0309020	0,2201003 9,3426205	0,8733386 9,9411827.	0,7068225 9,8493103	0,0183090 8,9101385
0,9334649 9,9690980	1	0,2049833 9,3117185	0,8133560 9,9102807.	0,6582763 9,8184083	0,0757245 8,8792365
4,543384 0,6573795	4,878446 0,6882815	1	3,967914 0,5985622	3,211366 0,5066898	0,3694180 9,5675180
1,145031 0,0588173	1,229474 0,0897193	0,2520216 9,4014378	1	0,8093337 9,9081276	0,0931013 8,9689558
1,414782 0,1506897	1,519118 0,1815917	0,3113939 9,4933101	1,235584 0,0918723	1	0,1150345 9,0608282
12,29876 1,0898615	13,20576 1,1207635	2,706964 0,4324820	10,74099 1,0310442	8,693042 0,9391718	1

C. Kubik-Klaftermaasse.

Frankreich Kubik-Meter	Frankreich Kubik-Toise	England Kubik-Yard	Preussen Kubik-Ruthe	Oesterreich Kubik-Klafter	Russland Kubik-Saschen
1	0,1350641 9,1305400	1,308042 0,1166217	0,0187187 8,2722754	0,1466001 9,1661344	0,1029655 9,0126946
7,403899 0,8694600	1	9,691292 0,9863817	0,1385911 9,1417354	1,085412 0,0355944	0,7623450 9,8821546
0,7645014 9,8833783	0,1031854 9,0136183	1	0,0143105 8,1556537	0,1120757 9,0495127	0,0787173 8,8960699
53,42255 1,7277246	7,215470 0,8582646	69,87899 1,8443463	1	7,831754 0,8938590	5,500678 0,7404162
6,821275 0,8338656	0,9213096 9,9644056	8,922514 0,9504873	0,1276853 9,1061410	1	0,7023558 9,8465572
9,711991 0,9873084	1,311742 0,1178484	12,70370 1,1039301	0,1817958 9,2595838	1,423780 0,1534428	1

D. Kubik-Fussmaasse.

Frankreich		England	Preussen	Oesterreich
Kubik-Meter	Kubik-Fuss	Kubik-Fuss	Kubik-Fuss	Kubik-Fuss
1	29,17386 1,4649939	35,31715 1,5479856	32,34588 1,5098190	31,66564 1,5005883
0,0342773 8,5350061	1	1,210575 0,0829917	1,108728 0,0448251	1,085412 0,0355944
0,0283149 8,4520144	0,8260538 9,9170083	1	0,9158691 9,9618334	0,8966082 9,9526027
0,0309158 8,4901810	0,9019344 9,9551749	1,091859 0,0381666	1	0,9789698 9,9907693
0,0315800 8,4994117	0,9213096 9,9644056	1,115314 0,0473973	1,021482 0,0092307	1

E. Kubik-Zollmaasse.

Frankreich		England	Preussen	Oesterreich
Kubik-Centimeter	Kubik-Zoll	Kubik-Zoll	Kubik-Zoll	Kubik-Zoll
1	0,0504124 8,7025375	0,0610280 8,7855292	0,0558937 8,7473626	0,0547182 8,7381319
19,83638 1,2974625	1	1,210575 0,0829917	1,108728 0,0448251	1,085412 0,0355944
16,38595 1,2144708	0,8260538 9,9170083	1	0,9158691 9,9618334	0,8966082 9,9526027
17,89116 1,2526374	0,9019344 9,9551749	1,091859 0,0381666	1	0,9789698 9,9907693
18,27545 1,2618681	0,9213096 9,9644056	1,115314 0,0473973	1,021482 0,0092307	1

F. Kubik-Linienmaasse.

Frankreich		England	Preussen	Oesterreich
Kubik-Millimeter	Kubik-Linie	Kubik-Zoll	Kubik-Linie	Kubik-Linie
1	0,0871127 8,9400814	0,0000610 5,7855292	0,0965843 8,9849065	0,0945531 8,9756758
11,47938 1,0599186	1	0,0007006 6,8454478	1,108728 0,0448251	1,085412 0,0355944
16385,95 4,2144708	1427,421 3,1545522	1	1582,622 3,1993773	1549,340 3,1901466
10,35365 1,0150935	0,9019344 9,9551749	0,0006319 6,8006227	1	0,9789698 9,9907693
10,57607 1,0243242	0,9213096 9,9644056	0,0006454 6,8098534	1,021482 0,0092307	1

§. 168. Verwandlungstafeln für die wichtigsten Gewichtsmaasse.

Den Tafeln zur Verwandlung der wichtigsten Gewichtsmaasse in einander liegen folgende, in den frühern §§. festgesetzte Bestimmungen zu Grunde:

1 Kilogramm	=	18827,15 Grains poids du marc
1 Pfund Troy	=	373,244 Grammen
1 altes preuss. Pfund	=	467,711 Grammen
1 österreich. Pfund	=	560,0164 Grammen
1 russisches Pfund	=	409,5174 Grammen.

A. Pfundgewichte.

Frankreich		England		Preussen		Oesterreich	Russland
Kilogramm	Livre	Pfund Troy	Pfd. Av. d. p.	altes Pfund	neues Pfund	wiener Pfd.	Pfund
1	2,042877 0,3102421	2,679213 0,4280072	2,204610 0,3433317	2,138072 0,3300224	2,000000 0,3010300	1,785662 0,2517993	2,441899 0,3877277
0,4895058 9,6897579	1	1,311490 0,1177651	1,079169 0,0330896	1,046599 0,0197803	0,9790117 9,9907879	0,8740920 9,9415572	1,195324 0,0774856
0,3732440 9,5719928	0,7624912 9,8822349	1	0,8228572 9,9153245	0,7980226 9,9020152	0,7464880 9,8730228	0,6652621 9,8229921	0,9114240 9,9597205
0,4535950 9,6566683	0,9266387 9,9669104	1,215278 0,0846755	1	0,9698190 9,9866907	0,9071900 9,9576983	0,8099676 9,9084676	1,107633 0,0443960
0,4677110 9,6699776	0,9554757 9,9802197	1,253097 0,0979848	1,031120 0,0133093	1	0,9354220 9,9710076	0,8351738 9,9217769	1,142103 0,0577053
0,5000000 9,6989700	1,021438 0,0092121	1,339606 0,1269772	1,102305 0,0423017	1,069026 0,0289924	1	0,8928310 9,9507693	1,220949 0,0866977
0,5600164 9,7482007	1,144044 0,0584428	1,503169 0,1770079	1,234617 0,0915324	1,197355 0,0782231	1,120033 0,0492307	1	1,376503 0,1359284
0,4095174 9,6122723	0,8365932 9,9225144	1,097184 0,0402795	0,9028258 9,9556040	0,8755778 8,9422947	0,8190348 9,9133023	0,7312597 9,8640716	1

B. Lothgewichte.

Frankreich		England		Preussen		Oesterreich	Russland
Gramme	Unze 16=1 Pfd.	Once Troy 12=1 Pfd.	Ounce A.d.p. 16=1 Pfd.	Loth 32=1 a. Pfd.	Loth 30=1 n. Pfd.	Loth 32 = 1 Pfd.	Solotnik 96 = 1 Pfd.
1	0,0326860 8,5143621	0,0321505 8,5071884	0,0352737 8,5474517	0,0684183 8,8351724	0,0600000 8,7781513	0,0571412 8,7569493	0,2344223 9,3699989
30,59411 1,4856379	1	0,9836174 9,9928263	1,079170 0,0330896	2,093198 0,3208103	1,835647 0,2637892	1,748184 0,2425872	7,171946 0,8556368
31,10367 1,4928116	1,016655 0,0071737	1	1,097143 0,0402633	2,128061 0,3279840	1,866220 0,2709629	1,777301 0,2497609	7,291393 0,8628105
28,34968 1,4525483	0,9266387 9,9669104	0,9114582 9,9597367	1	1,939638 0,2877207	1,700982 0,2306996	1,619985 0,2094976	6,645785 0,8225472
14,61597 1,1648276	0,4777379 9,6791897	0,4699114 9,6720160	0,5155601 9,7122793	1	0,8769582 9,9429789	0,8351738 9,9217769	3,426309 0,5348265
16,66667 1,2218487	0,5447670 9,7362108	0,5358422 9,7290371	0,5878958 9,7693004	1,140305 0,0570211	1	0,9523530 9,9787980	3,907038 0,5918476
17,50051 1,2430507	0,5720221 9,7574128	0,5626510 9,7502391	0,6173087 9,7905024	1,197355 0,0782231	1,050031 0,0212020	1	4,102509 0,6130496
4,265806 0,6300011	0,1394323 9,1443632	0,1371480 9,1371895	0,1504710 9,1774528	0,2918593 9,4651735	0,2559484 9,4081524	0,2437533 9,3869504	1

C. Grangewichte.

Frankreich		England	Preussen		Oesterreich	Russland
Milligramm	Grain 9216 = Pfd.	Grain Troy 5760 = Pfd.	Gran Medic.-Gew. 7680 = a. Pf.	Korn 30,000 = n. Pfd.	Gran Medic.-Gew. 7680 = Pfd.	Dola 9216 = Pfd.
1	0,0188272 8,2747846	0,0154323 8,1884297	0,0164204 8,2153836	0,0600000 8,7781513	0,0137140 8,1371605	0,0225045 8,3522702
53,11478 1,7252154	1	0,8196816 9,9136451	0,8721656 9,9405990	3,186888 0,5033667	0,7284100 9,8623759	1,195324 0,0774856
64,79930 1,8115703	1,219986 0,0863549	1	1,064030 0,0269539	3,887958 0,5897246	0,8886502 9,9487308	1,458278 0,1638405
60,89987 1,7846164	1,146571 0,0594010	0,9398230 9,9730461	1	3,653993 0,5627677	0,8351738 9,9217769	1,370524 0,1368866
16,66667 1,2218487	0,3137858 9,4966333	0,2572044 9,4102784	0,2736732 9,4372323	1	0,2338886 9,3690092	0,3750757 9,5741189
72,91880 1,8628395	1,372853 0,1376241	1,125302 0,0512692	1,197355 0,0782231	4,275538 0,6309908	1	1,641004 0,2151097
44,43547 1,6477298	0,8365932 9,9225144	0,6857400 9,8361595	0,7296480 9,8631134	2,666129 0,4258811	0,6093830 9,7848903	1

B. Vom Messen.

Arten des Messverfahrens und Werkzeuge zum Messen.

1. Allgemeines.

§. 169. Das Messen als Begründung der naturwissenschaftlichen Erkenntniss.

Die Maasse sollen bei den physikalischen Untersuchungen unser Urtheil begründen, indem alle unsere Vorstellungen, sowohl über die relative Wirkung zweier Kräfte, als über absolute Grösse einer Kraft, sich stets auf Bestimmung von Maassen zurückführen lassen. Die Beobachtung z. B. der verschiedenen Verlängerungen eines Metalldrahtes bei verschiedenen Temperaturerhöhungen giebt uns Veranlassung, ein lineares Maass mit der ausdehnenden Kraft der Wärme zu vergleichen; das beobachtete Volumen durch den elektrischen Strom gebildeten Knallgases lässt auf die Grösse der elektrischen Kraft schliessen; das Gewicht, welches wir anwenden müssen, um eine Eisenkugel vom Pole eines Magneten abzureissen, führt uns zu einem Maasse der magnetischen Kraft. Es soll hierdurch nicht ausgeschlossen sein, dass uns vielfach auch Qualitäten statt der Quantitäten Aufschluss über eine physikalische Erscheinung geben; häufig ist aber die Qualität nur ein kürzeres Mittel, die Quantität zu erkennen, als die direkte Ausmessung sein würde, wie z. B. die Farbe einer dünnen Luftschicht auf die Dicke derselben schliessen lässt. Wir dürfen also sagen, dass die zur Begründung unserer Erfahrung angestellte Beobachtung uns fast immer auf das Messen zurückführt, und werden daher die Fragen aufzuwerfen haben: 1. bis zu welcher Gränze dürfen wir unserer Sinneswahrnehmung Sicherheit des Messens zutrauen? 2. kann man auf die Erreichung dieser Gränze in den unendlich mannigfaltigen Fällen der Beobachtung rechnen? Eine unbedingte,

diese Fragen erledigende Antwort kann natürlich nicht gegeben werden, da die Gränze der Genauigkeit beim Messen durch Erfindung neuer Methoden der Messung fortwährend weiter hinausgeschoben wird und sich ebenso wenig die Anwendbarkeit der Messungsmethoden auf alle Beobachtungen nachweisen lässt. Im Allgemeinen also wird durch die Beantwortung der aufgeworfenen Fragen der Grad der Zuverlässigkeit physikalischer Beobachtungen nach dem jedesmaligen Stande der Wissenschaft bezeichnet werden.

Eine ausführliche Erörterung namentlich der ersten Frage, von der Gränze unserer Wahrnehmung, hat Dove in seiner bekannten und schon mehrfach angezogenen Schrift über Maass und Messen unternommen und werden wir uns im Folgenden öfter auf diese Untersuchung zu beziehen haben, indem die daselbst angegebenen Resultate in vielen Punkten noch jetzt Gültigkeit haben, während allerdings auch manche durch spätere Arbeiten verfeinerte oder ganz neue Messmethoden anzuführen sind.

Wäre dann die Gränze der unter gewissen Umständen erreichbaren Genauigkeit beim Messen festgestellt, so würde die zweite Frage: ob diese Genauigkeit sich unter veränderten Umständen immer wieder erzielen lässt? auf ein mehr praktisches Gebiet führen. Gesetzt, wir wüssten, dass ein Längenetalon sich mit Sicherheit bis auf ein Milliontel seiner normalen Länge herstellen und mit einer ähnlichen Genauigkeit in gleiche Theile eintheilen lässt, so wird die mittelst dieses Etalons auszuführende Abmessung einer andern Längengrösse sehr verschiedene Grade der Genauigkeit erhalten können, je nach den Hülfsmitteln, welche uns zu Gebote stehen, um den Etalon mit der zu messenden Länge zu vergleichen, Hülfsmittel, welche im Allgemeinen verschieden sind von denjenigen, die bei der Vergleichung des Etalons mit seinem Normal angewendet werden konnten. Es läuft also die zweite Frage auf die Prüfung der verschiedenen, in gegebenen Fällen anwendbaren Messungsmethoden hinaus, von denen, da alle anzuführen unmöglich ist, doch die wichtigsten hervorgehoben werden sollen.

Mit der Feinheit der Messungsmethode wächst auch in der Regel die praktische Schwierigkeit, dieselbe anzuwenden. In sehr vielen, ja den meisten Beobachtungen wird es aber auch nicht erforderlich sein, es könnte sogar ein Fehler werden, bis zu der grössten Genauigkeit der Messung vorzuschreiten, dann nämlich, wenn die übrigen Umstände des Versuches oder der Beobachtung so schwankend sind, dass die hiervon herrührenden Abweichungen die Genauigkeit der Messmethode übertreffen. Es wird z. B. Niemandem einfallen, die jährliche Regenmenge eines Ortes in Tausendtheilen von Linien anzugeben, obwohl die bei diesen Beobachtungen angewendete Messungsmethode, sei es Wägung des auf einer gegebenen Fläche gefallenen Wassers oder Abmessung desselben in calibrirten Gefässen, sehr wohl gestattet, solche und noch viel kleinere Grössen zu berechnen. Einfache und leicht anwendbare, wenn auch weniger genaue Messungsmethoden werden daher, als für manche Beobachtungen nützlich, einer Erwähnung verdienen, wodurch der Uebergang von den feinsten Messungen bei den schwierigsten wissenschaftlichen Aufgaben zu den gröberen des täglichen Lebens gebildet wird.

Nach dem Gesagten werden wir den beiden aufgeworfenen Fragen eine andere Fassung geben können, nämlich 1. welches sind die feinsten unter günstigen Umständen anwendbaren Messungsmethoden und zu welchen Gränzen der Wahrnehmung führen sie uns? 2. welche anderweitigen unter verschiedenen Umständen anwendbaren Messungsmethoden zur Ermittelung der verschiedenen Maassgrössen besitzen wir und welchen Grad der Sicherheit gewähren dieselben?

Nun unterscheiden sich die Messungsmethoden von einander mehr wegen der Natur des zu bestimmenden Maasses als wegen der zu erreichenden Genauigkeit. Es wird deshalb zweckmässig sein, im Folgenden das Messen in der Reihenfolge der verschiedenen Maasse zu erörtern, so dass für jede Gattung des Maasses die obigen Fragen besonders beantwortet werden.

2. Messen von Längen.

§. 170. Vom Längenmessen im Allgemeinen.

Bei jeder Messung einer Länge sind zweierlei Operationen auszuführen. erstlich muss die Lage der Punkte bestimmt werden, deren geradlinige Entfernung von einander zu messen ist, zweitens muss die nach einem gewissen Maasse ausgedrückte Anzahl der Theile ermittelt werden, welche zwischen beiden Punkten enthalten sind.

Die erstere Operation wird bewerkstelligt, entweder indem mit dem Punkte, dessen Lage bestimmt werden soll, die Messvorrichtung in möglichst nahe Berührung gebracht wird (Messung durch das Gefühl, durch Zirkel, Fühlhebel u. s. f.), oder indem man durch die Sehrichtung, welche an einem in der Regel mit der Messvorrichtung verbundenen Apparate festgestellt wird, die Lage des Punktes bezeichnet (Messung durch das Gesicht, Diopter, Loupe, Mikroskope und Fernrohr).

Die zweite Operation besteht entweder in der direkten Abzählung der zwischen den beiden Punkten enthaltenen Theilstriche der Messvorrichtung (Maassstäbe mit Nonius oder Transversalen), oder in der Berechnung der Anzahl der Theilstriche aus der beobachteten Bewegung eines Keiles oder eines Hebels (Mikrometer, Fühlhebel). Bei geringen Entfernungen der Punkte von einander können beide oder nur eine dieser beiden Methoden zur Bestimmung der wirklichen Länge angewendet werden; bei grösseren Entfernungen sind beide Methoden zu vereinigen, indem die mit einem Maassstabe auf einmal oder durch wiederholtes Aneinanderlegen abzureichenden Entfernungen erst von der ganzen Entfernung der Punkte abgenommen werden und dann die restbleibende kleinere Entfernung durch die zweite Methode gemessen wird.

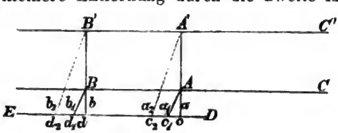


Fig. 1.

Wäre CAB in *Fig. 1* die zu messende Länge und DE ein Maassstab, so würden beispielsweise die angeführten Operationen folgendermassen zu bewerkstelligen sein. Liegt DE parallel mit CAB und sind a und b

oder $a_,$ und $b_,$ zwei parallel mit einander auf DE befestigte und längs DE verschiebbare feine Spitzen, so ist die Entfernung zwischen $AB = cd = c_, d_,$. Unter Erfüllung der angegebenen Bedingungen des Parallelismus würde also an dem Maassstabe DE eine Messung der Länge AB ausgeführt sein, wenn auf DE die Entfernungen cd oder $c_, d_,$ in diesen Stellungen der Spitzen an einer Theilung abzulesen wären. Die ganze Länge CAB würde ebenso gemessen, wenn successive durch Berührung der Spitzen die Lage der Punkte CAB und die dazu gehörigen Entfernungen an der Theilung bestimmt würden.

Zur Vollziehung der Messung musste vorausgesetzt werden, dass in jeder, der Lage der Punkte AB entsprechenden, Stellung der Spitzen auch die Entfernung zwischen denselben an der Theilung des Maassstabes DE abgelesen werden konnte. Wäre dies nicht der Fall und stände z. B. b, wenn diese Spitze auf B weiset, zwischen zwei Theilstrichen des Maassstabes DE, so ist alsdann die Entfernung dieser Stellung von dem nächsten Theilstriche durch eine indirekte Methode zu ermitteln, also z. B. dadurch, dass die Spitze b bis zum nächsten Theilstriche durch eine feine Schraube bewegt wird, an welcher die Zahl der Umgänge von gemessenem Abstande der Schraubenwindungen beobachtet werden kann.

Eine ganz analoge Messoperation würde für die vom Maassstabe entfernte zu messende Länge $C'A'B'$ angewendet werden, wenn man an dem Maassstabe DE statt der Spitzen a und b Vorrichtungen angebracht denkt, durch welche die Sehrichtungen cA' und dB' oder $c_{\prime\prime}A'$ und $d_{\prime\prime}B'$ stets unter einander parallel erhalten werden, wenn also z. B. statt a und b zwei unter gleichen Winkeln gegen DE befestigte und längs DE verschiebbare Diopter oder Mikroskope oder Fernröhre mit Fadenkreuzen angebracht wären.

Da bei den beiden Methoden, entweder durch Berührung oder durch Visiren, die Lage der Punkte A und B zu bestimmen, die übrigen Bedingungen der Messung dieselben sind, so wird es sich für die Feinheit der Messung wesentlich darum handeln, ob wir mit grösserer Schärfe die erfolgte Berührung durch das Gefühl, oder das erfolgte Eintreten in die Gesichtslinie durch das Gesicht zu erkennen vermögen. Beide Methoden können nun bis zu gleicher Feinheit gebracht werden, nur ist ihre Anwendbarkeit von den besonderen Umständen abhängig, was sich bei den folgenden Besprechungen einer Anzahl verschiedener Messvorrichtungen ergeben wird.

§. 171. Theilung durch Transversalen.

Vor der Beschreibung einzelner Messapparate wird es zweckmässig sein, diejenigen Hülfsmittel kennen zu lernen, welche an derartigen Vorrichtungen am häufigsten angebracht sind, um die höchste Feinheit der Messung auszuführen: die ältere Methode, der durch Transversalen getheilten Maasse und die neueren Hülfsmittel, den Vernier oder Nonius und die Mikrometerschraube.

Um den Maassstab, an welchem die Länge der zu messenden linearen Ausdehnung abgemessen werden soll, nicht durchweg in die kleinsten Unterabtheilungen, deren Erkennung ausführbar ist, eintheilen zu müssen, wendete man

früher eine besondere Eintheilung eines Stückes des Maassstabes an: die sogenannte Theilung durch Transversalen.

In einem Dreiecke *9dc* in *Fig. 2*, in welchem die Seite *cd* in *n* gleiche Theile getheilt ist und durch die Theilpunkte Parallelen mit der Seite *9c* gezogen werden, verhalten sich die Längen dieser Parallelen wie die Längen der Entfernungen der Theilpunkte, durch welche sie gezogen wurden, von der Dreiecksspitze *d*. Ist also z. B. die Seite *9c* einem $^1/_{10}$ Zolle gleich und *cd* in 10 gleiche Theile getheilt, sind dann durch die Theilpunkte *1*, *2* u. s. w. Parallelen mit *9c* gezogen, so verhalten sich diese Parallelen innerhalb des Dreiecks *9cd* wie *1* : *2* .... *10* und sind folglich $^1/_{100}$, $^2/_{100}$ .... $^{10}/_{100}$ Zollen gleich. Stellt etwa die Zeichnung die beiden letzten Zolle eines Zwei-Fuss-Maassstabes vor, der einen Zoll breit ist und in dieser Breite auf seiner ganzen Längsrichtung durch Parallellinien in 10 gleiche Theile getheilt ist; ward ferner der letzte Zoll *0cde* auch noch durch die mit *cd* parallel gezogenen Grade *9 8 7 .... 0* in 10 gleiche Theile getheilt und sind endlich die Transversalen *01*, *12*, *23* .... *9d* gezogen, so ist der Maassstab geeignet, alle Längen von $^1/_{100}$ Zoll bis 2 Fuss von $^1/_{100}$ zu $^1/_{100}$ Zoll genau anzugeben. So wäre z. B. die Länge $fn = 1{,}11$, $gp = 1{,}32$, $lq = 1{,}75$, $mr = 1{,}88$ Zoll.

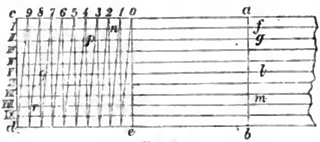


Fig. 2.

Die Methode der feineren Messung durch Transversalen wurde auch seit Tycho de Brahe bis zu Hook's Zeit zur Messung von Unterabtheilungen der Winkeleintheilung benutzt. Es sei *ABCD* in *Fig. 3* ein Stück des Randes eines getheilten Kreises und die Linien *CD*, *33*, *22*, *11*, *AB* seien concentrische gleichweit von einander abstehende Kreise. Sind alsdann die Abstände *ef*, *fg* u. s. f. die kleinsten Theile der Kreistheilung, etwa Bogen von 20 Minuten, und sind die Transversalen *ae*, *if* u. s. f. gezogen, so würde ein beweglicher Radius der Kreistheilung, wenn er durch den Theilpunkt *b* ginge, auf nahezu den 4ten Theil des Bogens *ef* weiter links von *f* weisen, also auf 5 Minuten genau messen lassen. Die Messung ist so weit genau, als es verstattet ist, sehr kleine Bögen als gerade Linien anzusehen; sie kann ausserdem, wenn die Grösse der Halbmesser für die concentrischen Kreise bekannt ist, durch Rechnung verbessert werden. Indessen wurden diese geradlinigen Transversalen, so wie eine andere Art von Transversalen, die von Joh. Ferrerius erfundenen Circulartransversalen, nach der Erfindung des viel bequemeren Verniers durch dieses bei den Messinstrumenten bald verdrängt und sind jetzt die Transversalen nur noch bei Instrumenten für den Gebrauch beim Zeichnen als sogenannte verjüngte Maassstäbe gebräuchlich.

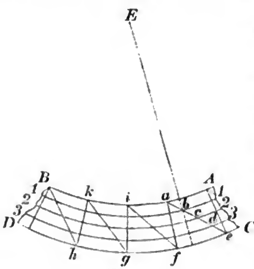


Fig. 3.

Die geradlinigen Transversalen sind schon vor TYCHO DE BRAHE gebräuchlich gewesen; der Erfinder dieser Theilung der Maassstäbe ist nicht bekannt. Nach KÄSTNER's Angabe hat TYCHO den verjüngten Maassstab von dem Leipziger Professor JOH. HOMELIUS (1518—1562) bekommen; nach DIGGES soll aber solche Theilung schon lange vorher in England gebräuchlich gewesen sein.

* ABR. GOTTH. KÄSTNER (1719—1800) Astronomische Abhandlungen. 2. Sammlung. Göttingen 1774. S. 164 ff.
TYCHO DE BRAHE (1546—1601) Epistolarum astron. Lib. I, 62.
— Astronomiae instauratae progymnasmata. S. 671.
WALLIS *On diagonal divisions. Phil. Trans.* 1674. IX, 243.
TH. DIGGES Alae seu scalae mathematicae. London 1573. 4.
ROST Astronom. Handb. III, Cap. 26, §. 27, u. Cap. 7, §. 15 (Verbesserung der Messung durch Rechnung).
DE LA LANDE *Astronomie.* Liv. XIII.
LEUPOLD theatr. mach. arithm. geom. Cap. 26, §. 410.
LITTROW Artikel Vernier in Gehl. n. ph. W. IX, 1780 *.

§. 172. Der Vernier oder Nonius.

Sehr viel besser ist die von PETER VERNIER 1631 erfundene Vorrichtung zur Bestimmung der Grösse eines Theiles der kleinsten auf einem Maassstabe angegebenen Theilung. Dies, nach dem Erfinder Vernier genannte Instrument beruht darauf, dass bei zwei neben einander gelegten verschieden getheilten Maassstäben deren erste Theilstriche zusammenfallen mögen, die folgenden Theilstriche sich in gleichmässiger Zunahme von einander entfernen müssen bis endlich wieder zwei Theilstriche zusammentreffen.

Wäre z. B. *AB* in *Fig. 4a* ein Maassstab, dessen kleinste Theile *01*, *12*, u. s. w. sind und man legt daneben einen kleinen Maassstab, den Vernier, *CD*, auf welchem 10 Theile dieselbe Länge ausmachen wie 9 Theile des Maassstabes *AB*, so wird, wenn *0* beider Maassstäbe zusammenfällt, der Theilstrich *I* gegen *1* um $^1/_{10}$ eines Theiles von *AB*, *II* gegen *2* um $^2/_{10}$ u. s. f. zurückbleiben. Würde nun der Vernier so verschoben, dass einer seiner andern Theilstriche mit einem von *CD* zusammenfiele, etwa *VI* mit *6* in *Fig. 4b*, so wäre offenbar *0* des Verniers um $^6/_{10}$ eines Theiles von *CD* gegen seine erste Stellung verschoben worden, oder die jetzige Stellung des Theilstriches *0* am Vernier bezeichnete jetzt $^6/_{10}$ des kleinsten Theiles von *CD*. Ganz allgemein wird der Vernier gestatten $\frac{1}{n}$ der kleinsten Theilung eines Maasses zu messen, wenn $(n-1)$ Theile der Theilung des Maassstabes n Theilen des Verniers gleich gemacht werden. Zugleich giebt die Zahl des Verniertheilstriches, welche mit einem Theilstriche des Maassstabes übereinstimmt, an, um wie viele $\frac{1}{n}$ der Nullpunkt des Verniers von dem vorhergehenden Theilstriche des Maassstabes entfernt ist (in *Fig. 4b* der Theilstrich *VI* die Verschiebung des Null-

Fig. 4 a.

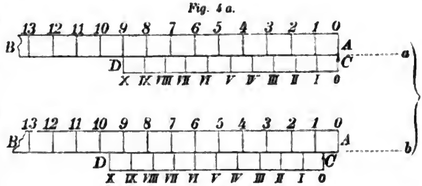


Fig. 4 b.

punktes um $^6/_{10}$ der Theile von *AB*). Da sich die Abmessung auf den Punkt des Maassstabes bezieht, auf welchen der Nullpunkt des Verniers hinweist, so wird an einem Messinstrumente der Nonius stets so angebracht werden müssen, dass derjenige Theil der Messvorrichtung, mit welchem die Lage eines Punktes bestimmt werden soll, also z. B. die Spitzen oder die Visirlinien *a* und *b* in *Fig. 1*, mit dem Null-Theilstriche des Nonius entweder in einer Richtung liegt, oder in einer unveränderlichen und bestimmbaren Stellung zu demselben sich befindet.

Denkt man sich zwei feine Theilstriche auf dem Maassstabe und dem Vernier eine geradlinige Verlängerung bildend, so genügt schon eine sehr kleine Verschiebung, um dem Auge die beiden Theilstriche als neben einander absetzend zu erkennen, es lässt sich daher die Messung bis zu einer bedeutenden Feinheit ausführen, welche durch Anwendung optischer Hülfsmittel, mittelst welcher die Lage des Vernier-Nullpunktes beobachtet wird, ferner durch Hinzufügung einer Mikrometerschraube (s. u.) um ein Vielfaches gesteigert werden kann.

Ebenso anwendbar wie bei geradlinigen Maassen ist der Vernier auch bei Kreistheilungen, wobei er die Methode der Transversalen ausser der viel weiter zu treibenden Genauigkeit der Messung auch dadurch übertrifft, dass vermittelst eines und desselben Verniers, durch successive Verschiebung, der ganze Kreis durchgemessen werden kann, während die Transversalen in jeden Theil der Theilung gezogen werden müssen und deshalb die Schwierigkeit der mechanischen Ausführung zu Fehlern Veranlassung gab, zugleich auch die Ablesung wegen der Durchkreuzung vieler Linien erschwert wurde.

Die Einrichtung des Verniers bei Kreistheilungen erhellt aus Folgendem. Ist *AB* in *Fig. 5* ein Stück einer Kreistheilung und *CF* ein um den Mittelpunkt des Kreises drehbarer Radius (die sogenannte Alhidade), welcher bei *DE* ein als Vernier getheiltes Bogenstück enthält, so sind, während die Alhidade um *C* gedreht wird, die Theilungen des Verniers und des Theilkreises stets mit einander zu vergleichen und die oben für geradlinige Maassstäbe beschriebene Methode zur Messung von Unterabtheilungen der Kreistheilung genau in gleicher Weise anwendbar.

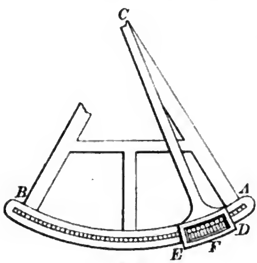


Fig. 5.

Ist z. B. *AB* in *Fig. 6* das von 10 zu 10 Minuten eingetheilte Stück einer Kreistheilung und *DE* der an der Alhidade angebrachte Vernier, auf welchem 10 Theile einen gleichen Bogen einnehmen wie 9 Theile auf der von 10 zu 10 Minuten getheilten Kreistheilung, so weicht jeder Theilstrich des Verniers, sobald *0* desselben mit einem Theilstrich des Kreises übereinstimmt, um $^1/_{10}$ des Werthes der kleinsten Theilung des Theilkreises, also um 1 Minute

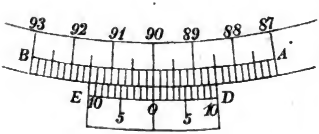


Fig. 6.

mehr ab, wie der vorhergehende. Bei einer beliebigen Stellung des Verniers giebt also die Zahl des Verniertheilstriches, welcher mit einem Theilstriche von *AB* übereinstimmt, an, um wie viele Minuten der Nullpunkt des Verniers gegen den nächst vorhergehenden Theilstrich von *AB* verschoben wurde.

Die erwähnte Einrichtung des Verniers enthält *n* Theile auf $(n-1)$ Theile des Maassstabes; es ist dies die gewöhnlichere Verniertheilung, allein es kann auch, wie ohne weiteres ersichtlich, eine solche Theilung angewendet werden, bei welcher *n* Verniertheile $(n+1)$ Theilen des Maassstabes gleich sind. In diesem Falle wird die Grösse der Verschiebung des Verniernullpunktes nach rechts an der Coincidenz des nach links liegenden Verniertheiles mit dem Maassstabtheilstrich (z. B. in *Fig.* 7) abgelesen. Bei der zuerst beschriebenen Einrichtung geschieht die Ablesung am Vernier im Sinne der Bewegung (vortragender Vernier), bei dieser Einrichtung dagegen im umgekehrten Sinne (nachtragender oder schleppender) Vernier.



Fig. 7.

Erkennbarkeit der einzelnen Theilstriche auf dem Vernier und dem Maassstabe, und Erkennbarkeit der Coincidenz zweier Theilstriche, bedingt die Gränze der Genauigkeit, welche die Messung mittelst des Verniers erreichen kann.

Je nach dem beabsichtigten Gebrauche des mit Vernier versehenen Instrumentes werden diese Grössen sehr verschieden beurtheilt werden müssen. Eine Theilung z. B., welche zur Ablesung mit dem blossen Auge bestimmt, die äusserste Annäherung der Theilstriche aneinander zeigt, würde bei Ablesung mit der Loupe oder einem Mikroskope noch mehre Unterabtheilungen vertragen können.

Beispielsweise finde ich bei einigen vorzüglich getheilten Vernieren folgende Verhältnisse, welche wohl nicht wesentlich verändert werden könnten, ohne die Bequemlichkeit beim Gebrauche der Instrumente zu beeinträchtigen.

Bei einem Troughton'schen bis auf halbe Grade getheilten Kreise von etwa 1 Decimeter Durchmesser, an welchem ein mit blossem Auge abzulesender Vernier sich befindet, der die Ablesung bis auf einzelne Minuten gestatten soll, beträgt die Entfernung der Theilstriche von einander nicht völlig $0^{mm},45$. Da nun zur Ablesung einer Minute der 30ste Theil der Verschiebung eines Vernierstriches gegen einen Strich der Kreistheilung erkannt werden soll, so hat das Auge zwei Striche als sich neben einander fortsetzend zu beurtheilen, die nur $0^{mm},015$ von einander entfernt sind. Diese Theilung ist für das blosse Auge schon zu fein, so dass man über zwei Verniertheilstriche in Unsicherheit bleibt, d. h. nur etwa auf 2 Minuten sicher abliest, oder $0^{mm},03$ mit Sicherheit erkennt. In keinem Falle könnte die Theilung noch weiter getrieben werden, schon weil die Dicke der Theilstriche selbst, welche doch dem blossen Auge deutlich sein müssen, dies verhindern würde.

Bei einem Kreise von Pistor und Martins von etwa $12\frac{1}{2}$ Centimeter Durchmesser, der in $\frac{1}{3}$ Grade getheilt mit Loupenablesung versehen ist und an welchem mittelst des Verniers $\frac{1}{3}$ Minuten abgelesen werden sollen, sind die Theilstriche nicht völlig $0^{mm},18$ von einander entfernt. Der kleinste am Vernier zu beobachtende Abstand zweier Striche beträgt also ein $\frac{1}{60}$ hiervon, oder $0^{mm},003$, was bei 10facher Vergrösserung der Loupe auf dieselbe Feinheit der Ablesung, die ich beim Troughton'schen Kreise für sicher halte, hinausläuft.

Bei dem Kreise eines Theodoliten von Gambey von etwa 22 Centimeter Durchmesser, der von 5 zu 5 Minuten getheilt, mit Loupenablesung versehen ist und an welchem mittelst des Verniers 5 Sekunden abgelesen werden sollen, sind die Theilstriche nicht völlig $0^{mm},16$ von einander entfernt, folglich Abstände zweier Theilstriche auf $0^{mm},0027$ zu beobachten,

was wegen der etwas stärkeren Loupen der Feinheit der Ablesung am PISTOR-MARTINS'schen Kreise entspricht.

Sehr nahe dieselben Werthe finde ich bei geradlinigen Maassstäben, so dass man wohl als ungefähre Gränze für praktisch brauchbare Theilungen annehmen kann, dass bei der Beobachtung mit dem blossen Auge eine Verschiebung des Vernier um $\frac{1}{30}$ mm bequem messbar ist, bei der Beobachtung mit Loupen eine um so viel kleinere Verschiebung, als die Vergrösserung durch die Loupe beträgt.

An den erwähnten Instrumenten liegt die Haupttheilung und der Vernier in derselben Ebene. Wenn diess nicht der Fall ist und z. B. die Alhidade mit dem Vernier sich über der Theilung hinwegschiebt, so ist auf die Stellung des Auges zu beiden Theilungen zu achten, um die Parallaxe beim Sehen zu vermeiden.

Der Erfinder des Verniers ist PETRUS VERNERIUS aus der Grafschaft Burgund, der das Instrument als seine Erfindung in einer Schrift vom Jahre 1631 beschreibt. Die geschichtlichen Nachrichten sind von KÄSTNER zusammengestellt worden, woraus sich ergiebt, dass weder der Portugiese PETER NUNNEZ, nach welchem der Vernier gewöhnlich, aber mit Unrecht benannt wird als Nonius (-Vernier), noch der Schwede HEDRÄUS oder Andere, die genannt werden, ein Anrecht an die Erfindung haben.

NUNNEZ gelangte zur Messung von Unterabtheilungen der Grade auf einem Quadranten, indem er eine Anzahl concentrischer Kreislinien beschrieb und sie verschieden eintheilte: den äussersten in 90 Grad, den folgenden in 89 Theile, den dritten in 88 Theile u. s. f. So verschoben sich also allerdings die Theilstriche der verschiedenen Bögen ähnlich wie die Theilung des Verniers gegen das Maass und durch die Beobachtung des Theilstriches auf einem der concentrischen Bögen, welcher von der Alhidade geschnitten wurde, konnte der auf Gradtheile zu berechnende Theil des Durchschnittes der Alhidade mit dem 90 Gradbogen bestimmt werden. Sonst aber hat die Methode des NUNNEZ keine Aehnlichkeit mit der des VERNERIUS und sollte daher billig der Name des Letzteren, wie KÄSTNER schon vorschlug, allein gebraucht werden.

HEDRÄUS beschreibt 1643 die Methode der Kreistransversalen und des Verniers als sein Eigenthum. GUIDO UBALDI, dem von TACQUET die Erfindung vindicirt wird, hat nur ein schon vor ihm von MORDENTE erdachtes praktisches Verfahren angegeben, um kleine Theile einer Eintheilung durch Abstecken mit dem Zirkel zu finden, welches von KÄSTNER näher beschrieben und mit einer Repetitionsmessung von TOB. MAYER verglichen wird. HEVEL soll den Vernier zuerst bei grossen astronomischen Instrumenten benutzt haben.

PETRUS VERNERIUS (geb. 1580, gest. 1637) *la construction, l'usage et les propriétés du quadrant nouveau de mathématique.* Bruxelles 1631.
JOH. BAPT. MORIN longitudinum coelestium et terrestrium scientia u. Fortsetzungen 1634, 1636 u. 1639. (Beschreibung des Verfahrens des VERNERIUS.)
ROBINS *Remarks on Mr.* EULER's *treatise on motion.* London 1739 (Vindication der Entdeckung für VERNERIUS).
DE LA LANDE Astronomie lib. XIII. — Nr. 1856 der 1. Ausg. — Nr. 2342 der 2. Ausg. (Vindicat. für VERNERIUS).
BENED. HEDRÄUS Nova et accurata astrolabii geometrici structura. Leiden 1643 (Plagiat der Erfindung).
PETRI NONII (geb. 1492 zu Alcazar del Sal) liber de crepusculis und de regulis et instrumentis ad varias rerum tam maritimarum quam coelestium apparentias, lib. II. cap. 6.
Ueber Theorie des Vernier und ältere Theilmethoden s. KÄSTNER Astronomische Abhandlungen, zweite Sammlung. V. Abh. Nr. 13 bis 19. Seite 142—215*. Götting. 1774, 8.

§. 173. Die Mikrometerschraube.

Wenn eine Schraube in einer fest angebrachten Schraubenmutter gedreht wird, so verschiebt sich ein Punkt der Schraubenaxe, z. B. die Spitze der Schraube und eine mit dieser fest verbundene Marke, welche die Lage eines Punktes bezeichnen soll, um den Abstand zweier Schraubenwindungen von einander, während der Kopf der Schraube einmal um die Axe gedreht wurde.

Ist die Schraube um einen festen Punkt der Axe drehbar und die Schraubenmutter beweglich, so verschiebt sich bei jeder Umdrehung des

Schraubenkopfes die Schraubenmutter und die mit ihr zur Bestimmung der Lage eines Punktes fest verbundene Marke um den Abstand zweier Schraubenwindungen.

Wird der Schraubenkopf nur um $\frac{1}{n}$ des Umfanges gedreht, so beträgt die Verschiebung in den vorigen Fällen nur $\frac{1}{n}$ des Abstandes zweier Schraubenwindungen.

Dieser *n*te Theil der Umdrehung des Schraubenkopfes kann leicht gemessen werden, indem entweder neben dem mit einem Zeiger versehenen Schraubenkopfe eine getheilte Scheibe sich befindet, oder der an seinem Umfange getheilte Schraubenkopf sich bei einem festen Zeiger vorbei dreht.

Es kann mithin durch eine Schraube eine kleine lineare Verschiebung bewirkt und die Grösse dieser, ausgedrückt in Theilen des Windungsabstandes der Schraube, gemessen werden.

Kennt man die Anzahl der Windungen, welche auf eine bestimmte Länge gehen, sind die Windungen genau von gleicher Weite und schliesst sich die Schraube ganz genau an die Schraubenmutter an, so ist bei jeder beobachteten Drehung des Schraubenkopfes die durch die Schraube bewirkte Verschiebung bekannt und jeder gleichen Drehung entspricht eine gleiche Verschiebung, welcher Theil der Schraube sich auch in der Schraubenmutter befinde und in welchem Sinne die Drehung geschehe.

Eine solche in der Regel mit engen Windungen versehene Schraube heisst eine Mikrometerschraube, welche nach dem Gesagten ein sehr feines Hülfsmittel darbietet, die Lage eines Punktes an einem Maassstabe zu bezeichnen und ferner den Abstand dieses Punktes von einem zweiten durch Abzählung der Umdrehungen der Schraube zu messen. Es dient also die Mikrometerschraube sowohl zur feinen Einstellung einer Marke, wo dann die Abmessung der von der Marke bezeichneten Grösse durch andere Mittel, z. B. den Vernier erfolgen kann, als auch zur Messung selbst.

Auch zur Messung von Bogen bei Kreistheilungen kann die Mikrometerschraube verwendet werden, in der Regel aber dient bei Winkelmessinstrumenten die Mikrometerschraube nur zur feinen Einstellung (s. unten §. 178 Mikrometer).

Die Theorie der für Verschiebung einer Marke an geradlinigen Maassstäben angewendeten Mikrometerschraube ist so einfach, dass dem oben Gesagten nichts hinzugefügt zu werden braucht. Vorausgesetzt wird dabei allerdings, dass die Windungen der Schraube in allen Theilen gleichmässig seien.

Für die Mikrometerschraube an Kreistheilungen wird eine Berechnung anzustellen sein, um den Werth der Verschiebung durch die Schraube in einer Winkelgrösse auszudrücken. Eine einfache Berechnung giebt Kästner an, um annähernd alle in Betracht kommende Grössen im Voraus festzustellen. Ist *CA* (*Fig. 8*) die um *C* drehbare Alhidade und senkrecht zu ihr bei *A* die in der Kreisebene liegende Mikrometerschraube angebracht, so würde durch eine Anzahl Um-



Fig. 8.

drehungen der Schraube CA nach CB geführt werden. Die Länge von CA oder der Abstand der Schraubenaxe vom Mittelpunkte sei in irgend einem Maasse, z. B. Centimetern, $= a$, auf die Maasseinheit eines Centimeters mögen m Schraubenwindungen kommen. Nennt man e die Länge einer Sekunde in demselben Maasse und für den Halbmesser i, so hat der Bogen $AB = p$ von n Sekunden eine Länge von $a \cdot n \cdot e$ Centimetern oder von $a. n. e. m$ Schraubenwindungen. Es kommen also auf eine Umdrehung der Schraube $n = \frac{1}{a \cdot m \cdot e}$ Sekunden, den einer Schraube zu gebenden Abstand, damit einer Umdrehung bestimmte Sekunden entsprechen, findet man aus $a = \frac{1}{n \cdot e \cdot m}$; endlich die Feinheit der Schraube, welche für einen gegebenen Kreis durch ihre Umdrehung bestimmte Sekunden anzeigen soll, wird bestimmt durch $m = \frac{1}{a \cdot n \cdot e}$. Weil sich die linearen Grössen, die hier als gegebene angenommen sind, nicht sehr genau messen lassen, dient die Berechnung nur zur annähernden Werthbestimmung für die Schraubendrehung, während der wirkliche Werth durch den Versuch ermittelt werden muss.

Von den Methoden, die Fehler zu verbessern, welche von der nicht vollkommen ausführbaren Gleichmässigkeit aller Schraubenwindungen, so wie von dem sogenannten todten Gange, d. h. dem unvollkommenen Anschliessen der Schraube an die Schraubenmutter herrühren, wird bei der Beschreibung der Instrumente mit Mikrometerschraube die Rede sein (s. a. u. §. 177).

Der Gebrauch fein geschnittener Schrauben zu dem Zwecke, sehr kleine Verschiebungen von Marken oder von den Spitzen von Zirkeln, von den Punzen bei Theilungsinstrumenten durch dieselben zu bewirken, ist ohne Zweifel sehr alt. Dagegen ist die Anwendung der Schraube zum Messen selbst wohl nicht vor Erfindung des Fadenkreuzes, also vor der Mitte des 17. Jahrhunderts gebräuchlich gewesen.

Ueber die Theorie der Mikrometerschraube s. Kästner, astron. Abh. 2. Samml. S. 215*.
Ueber den Werth der Schraubenumdrehungen bei Kreistheilungen:
John Bird 1709—1776 *the method of constructing mural quadrants* ... London 1768. 4. S. 21.
de la Lande Astronomie 1. Ausg. §. 2086 2. Ausg. §. 2607.
Ueber Mikrometerschrauben und deren Verfertigung:
Hunter's *screw. Philos. Trans.* 1781, p. 58 (Differentialschraube).
Austin *mode of cutting fine screws. Irish Trans.* IV. 145; *Repert. of pat.* II. 399.
On the use of the screw. Nichols. T. I. 158.
Hornblower *on the micrometer screw.* Nich. Journ. VI. 247.
Nobert Pogg. Ann. LXI. 129 (den Schwindel der Schrauben zu vermeiden).
G. Altmütter. Ueber Schrauben und ihre Verfertigung. Jahrb. des polyt. Inst. IV. 363*. (1823). s. a. u. §. 177—78 Fehler der Theilungen und Mikrometer.

§. 174. Der Vergleicher oder Comparateur.

Die Prüfung eines Längenmaasses auf den Werth seiner ganzen Länge und seiner Theilung, also die Vergleichung des Maasses mit einem als genau vorausgesetzten Normalmaasse (*standard*) wird in Fällen, in denen es auf besondere Genauigkeit ankommt, durch eigene Vergleichungsapparate: „Comparateure“ ausgeführt.

Die Uebertragung des Normalmaasses zur Herstellung eines Maasses geschieht durch „Theilmaschinen“.

Beide Aufgaben, die Vergleichung eines schon vorhandenen Maasses und die Herstellung eines neuen, haben so viel Gemeinsames, dass die Einrichtung

der Comparateure und der Theilmaschinen für lineare Maasse in vielen Stücken übereinstimmt.

Wird beim Comparateur die Lage eines Punktes des Normalmaasses erst bestimmt und dann die verhältnissmässige Lage eines Punktes des Maasses damit verglichen, so muss bei der Theilmaschine auch erst die Lage eines Punktes festgestellt, dann aber diese selbige Lage auf den zu theilenden Maassstab übertragen werden. Die erste Operation ist also bei beiden Maassen die gleiche, für die zweite Operation ist an der Theilmaschine eine die Lage des Normalpunktes überragende Vorrichtung anzubringen, welche zugleich das Werkzeug zum Ziehen des Theilstriches bildet, ein sogenanntes Reisswerk.

Comparateure werden nur zur Vergleichung geradliniger linearer Maasse verwendet, die Richtigkeit von Bogentheilungen wird dagegen auf andere Weise, in der Regel durch Beobachtungen bekannter Bogengrössen mittelst des getheilten Instrumentes, geprüft.

Theilmaschinen werden natürlich für geradlinige und für Bogen-Theilungen benutzt, es unterscheiden sich aber diese beiden Arten der Maschinen nur in der Anordnung der mechanischen Vorrichtungen zum Uebertragen des Maasses.

Im Folgenden sind von den genannten Instrumenten einige näher beschrieben, bei welcher Gelegenheit verschiedene der vorher erwähnten Hülfsmittel zur feinern Messung in ihrer Anwendung gezeigt werden.

Lenoir's Comparateur mit Fühlhebel.

Das erste Instrument zur Vergleichung linearer Maassstäbe wurde in Veranlassung der Regulirung des französischen Maasssystemes von Lenoir im Jahre 1792 verfertigt. Das später verbesserte Instrument, welches 1802 von Prony beschrieben wurde, dient nur zur Vergleichung der ganzen Längen von Maassstäben die mit scharfkantigen Endigungen versehen sind (Endmaasse, *mètres à bout*), während Unterabtheilungen des Maassstabes, die durch Theilstriche bezeichnet sind, oder Maasstäbe, deren Begränzung durch Striche gebildet wird (Strichmaass, *mètres à traits*), nicht abgemessen werden können.

Die Haupttheile des Instrumentes sind in beistehender *Fig. 9* abgebildet.

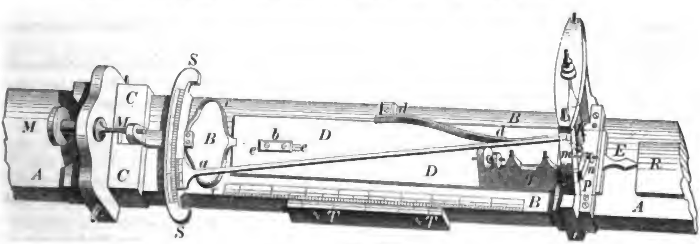


Fig. 9.

Ein starkes $2\frac{1}{2}$ Meter langes Lineal von Metall, *AA*, trägt an dem einen Ende ein fest gearbeitetes Ansatzstück (welches in der Zeichnung nicht abgebildet ist), gegen welches die zu vergleichenden mit scharfkantigen Endigungen versehenen Maassstäbe *R* angestemmt werden können und somit diese Endigungen einen unverrückbaren Stützpunkt erhalten.

Dies Ansatzstück kann vermittelst Pressschrauben an beliebigen Stellen des Lineales *A* festgesetzt werden. Zur Bestimmung des zweiten Endpunkts des Maassstabes *R* dient ein Schlittenapparat, der auf *A* entlang geführt werden kann. Der Schlitten besteht aus drei mit den Buchstaben *BB*, *CC*, *DD* bezeichneten Haupttheilen.

CC dient dazu, den übrigen Theilen des Schlittens einen festen Stützpunkt für ihre Bewegung zu geben, welches dadurch bewirkt ist, dass *CC* durch Pressschrauben gegen *A* angeklemmt wird, während durch die Schraube *M* dem Schlitten eine Verschiebung gegeben werden kann.

BB ist ein kupfernes Lineal, welches an einer Kante eine Theilung trägt, die mit der Theilung des kleinen an *A* befestigten Maassstabes *TT* übereinstimmt.

Auf dem einen Ende von *B* steht ein Rahmen, der zum Halter einer vertikalen Axe *K* dient, in der Mittellinie dieser Axe liegt der Mittelpunkt des am andern Ende von *B* befestigten Kreisbogens *SS*.

Als Alhidade zum Kreisbogen ist an *K* der Radius *Ka* befestigt. Ein zweites an der Axe *K* befestigtes Stück *m* bildet mit *Ka* einen rechten Winkel. *Ka* und *Km* sind also die beiden Arme eines Winkelhebels, der sich um die Axe *K* dreht, und da *Ka* viel grösser ist wie *Km*, so wird eine kleine Bewegung von *m* beim Punkte *a* in dem Verhältniss von *Ka* und *Km* vergrössert und hierauf beruht die mikrometrische Eigenschaft des Comparateurs.

Eine an *B* mit dem einen Ende angeschraubte Feder *dd* drückt mit ihrem andern Ende gegen die Alhidade *Ka* und sucht dieselbe auf der einen Seite der Theilung des Kreisbogens *SS* zu erhalten.

Den dritten Haupttheil des Schlittens bildet das Lineal *DD* mit seinen Nebenstücken. *DD* ist ein Metalllineal, welches *BB* entlang um ein kleines Stück verschiebbar ist; die Bewegung ist begränzt durch die Klemme *b*, die in *B* eingeschraubt ist und die Gleichung von *D* nun in der Länge des Schlitzes *ee* gestattet. Eine mit einem Ende an *B* befestigte Feder *rr* sucht *D* fortwährend in der Richtung nach der Axe *K* zu verschieben. Auf *D* ist senkrecht eine Büchse *q* gelöthet, in der sich ein durch Schraube verstellbarer Schieber *p* befindet. An dem Ende von *p* ist eine feine Stahlspitze *n* angebracht, die gegen das Ansatzstück *m* andrückt. An *D* ist endlich ein in eine vertikale Stahlschneide endigender Anschlag *E* angelöthet, gegen den das zweite Ende des zu vergleichenden Maassstabes *R* drückt und den ganzen Apparat *EpqD* gegen die Feder *rr* verschiebt, wodurch alsdann die Spitze *n* die Axe *K* und mit ihr die Alhidade *Ka* dreht.

Der Kreisbogen ist in 100 Theile getheilt, von denen durch den Vernier an der Alhidade Zehntel direkt abgelesen werden können. Wenn der Nullpunkt des Verniers die 100 Theile des Kreisbogens durchläuft, hat die Spitze *n* einen Weg von 2 Millimeter gemacht; man hat also eine direkte Messung von $^1/_{500}$ Millimeter, die durch Schützung, wenn die Coincidenz zwischen zwei aufeinander folgenden Theilstrichen liegt, bis auf $^1/_{2000}$ Millimeter getrieben werden kann.

Sollen zwei Maassstäbe mit einander verglichen werden, die um weniger als 2 Millimeter von einander verschieden sind, so werden sie nach einander zwischen den festen Anschlag und den Anschlag *A* gelegt, wo dann der längere Maassstab *E* um ein Stück verschiebt, dessen Grösse durch die Bewegung der Alhidade gemessen wird.

Ist der Unterschied der Maassstäbe aber grösser als 2 Millimeter, so reicht der Bewegungsspielraum der Alhidade nicht mehr aus, und dann muss vermittelst der Schraube *M* der Schlitten *BB* erst verschoben werden, bevor der grössere Maassstab zwischen die beiden Anschläge gelegt wird. Die Grösse der durch die Schraube *M* bewirkten Verschiebung wird an der auf *B* angebrachten Theilung nach ganzen Millimetern gemessen.

Sind die zu vergleichenden Maassstäbe so verschieden, dass der Spielraum der Schraube *M* auch nicht ausreicht, so wird der ganze Schlittenapparat verschoben, *CC* an einer andern Stelle gegen *AA* festgeklemmt und die Grösse der Verschiebung an der Aenderung der Lage der Theilung auf *BB* gegen die Theilung auf *TT* gemessen.

Beträchtlich einfacher kann der Comparateur werden, wenn er nur zur Vergleichung einer und derselben Art von Maassstäben, also z. B. Meter mit Kantenbegränzung dienen soll.

Ein solcher einfacher Comparateur mit Fühlhebel, der in seinen wesentlichen Stücken übrigens mit dem Lenoir'schen übereinstimmt, ist der Fortin'sche. Ist in der schematischen Zeichnung *Fig. 10* M ein Maassstab, der mit seinem einen Ende gegen eine feste Stütze gestemmt ist, während das andere Ende gegen einen feinen Stift s stösst, so wird dieser Stift s bei etwas abweichender Länge des mit M zu vergleichenden Maassstabes etwas nach rechts oder links verschoben werden, indem eine Spiralfeder F den Stift mit s stets an den Maassstab andrückt. Das zweite Ende des Stiftes stösst mit s_1 gegen den kurzen Arm eines Winkelhebels, der sich um C dreht und dessen längerer Arm die auf der Kreistheilung T spielende Alhidade A ist, gegen welche ebenfalls eine Feder f drückt, um keine todte Bewegung zwischen dem Stifte s_1 und dem Hebel eintreten zu lassen.

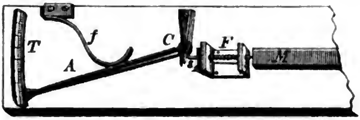


Fig. 10.

Comparateur mit Mikroskopen.

Zur Vergleichung der englischen Maasse war von Troughton ein Comparateur verfertigt worden, bei welchem die Bestimmung der Lage zweier Punkte vermittelst zweier Mikroskope geschah. Ein solcher für die französische Commission von Troughton gefertigter Apparat, von Pictet dioptrischer Stangenzirkel genannt, erlaubte eine Genauigkeit der Messung von $^1/_{10000}$ englische Zoll. Ein vervollkommneter, später für Kater ausgeführter Apparat liess noch $^1/_{23363}$ engl. Zoll messen.

Im Wesentlichen besteht der Troughton'sche Comparateur aus einem starken Lineale, an welchem verschiebbare Hülsen angebracht sind. Diese Hülsen sind die Träger für zwei Mikroskope, deren Axen parallel sind. Auf das Lineal werden nacheinander die zu vergleichenden Maassstäbe gelegt und bei dem ersten die Mikroskope so weit von einander verschoben, bis die Endigungen des Maassstabes oder die Theilstriche mit den Fadenkreuzen der Mikroskope zusammenfallen. Wird nun der zweite Maassstab an die Stelle des ersteren gebracht, sein eines Ende genau zusammenfallend mit dem Fadenkreuze des einen Mikroskopes, so wird bei nicht gleicher Länge beider Maassstäbe nunmehr das zweite Ende des zweiten Maasses nicht mit dem Fadenkreuze des zweiten Mikroskopes zusammentreffen. Die Differenz der Lage des zweiten Endes wird gemessen, indem das Fadenkreuz des Mikroskopes nach einer zuerst von Ramsden angegebenen Methode (s. u. §. 178) durch eine feine Mikrometerschraube verschoben werden kann. Würde der Spielraum der Bewegung des Fadenkreuzes nicht ausreichen, um die Längendifferenz der Maassstäbe zu bestimmen, so kann das zweite Mikroskop in ähnlicher Weise um eine ganze Zahl von Theilstrichen, die an dem Lineale anzubringen sind, verschoben werden, wie dies bei dem Lenoir'schen Comparateur durch Verschiebung des ganzen Schlittenapparates geschah.

Ein solches Instrument ist zur Vergleichung von Maassstäben, die mit scharfen Kanten oder auch mit Strichen begränzt sind, anwendbar.

Wenn nur die ganzen Längen von Maassstäben mit scharfen Kanten verglichen werden sollen, so kann man mit einem Mikroskope ausreichen, indem alsdann das eine Ende des Maassstabes gegen ein auf dem Lineale angebrachtes festes Ansatzstück gestemmt wird, wie bei Lenoir's Comparateur. Einen solchen einfacheren Comparateur gab Prony an.

Ein sehr vollkommener Comparateur mit mikrometrischen Mikroskopen wurde von der zur Feststellung der Maasse und Gewichte Russlands eingesetzten Commission angewendet und ist von Kupffer beschrieben und abgebildet worden. An diesem Instrumente sind 4 Mikroskope angebracht, denen nach allen Richtungen hin freie Bewegung gegeben werden kann. Es können mittelst desselben gleichzeitig zwei nebeneinander liegende Maasse in ihren ganzen Längen und ihren Unterabtheilungen verglichen werden. Endlich sind Reisswerke mit den Mikroskopen verbunden, so dass das Instrument auch als Theilmaschine verwendet werden kann.

Whitworth's Comparateur.

In einigen Stücken von den Comparateuren mit Fühlhebeln abweichend ist ein der Angabe nach sehr feiner Comparateur von Whitworth construirt, der dazu bestimmt ist, Copien nach einem Standard-Maasse mit grosser Genauigkeit auszuführen. Ein leichter Körper (*gravity piece* genannt) wird so angebracht, dass er zwischen dem ebenen Ende des Standard-Maasses und dem gleichfalls ebenen Ende eines durch die Mikrometerschraube zu bewegenden Stabes sich so eben noch erhält, ohne durchzugleiten. Wird nun die Copie an die Stelle des Standard-Maasses gelegt, so muss das *gravity piece* sich wie vorher verhalten, sonst giebt die Mikrometerschraube an, wie weit der von ihr geführte Stab genähert oder entfernt werden muss, bis das *gravity piece* eben schwebt, d. h. man erfährt, um wie viele Theile der Mikrometerschraube die Copie zu kurz oder zu lang ist. Dieser Comparateur ist demnach nur für *mètres à bout* anwendbar. Der Angabe nach ist die Genauigkeit auf den millionsten Theil des englischen Zolles zu verbürgen.

Bei allen diesen Comparateuren bringt man die Maassstäbe in eine horizontale Lage, in der sie nicht gerade später bei den Messungen benutzt zu werden brauchen. J. T. Silbermann hat nun darauf aufmerksam gemacht, dass Metallstäbe, wenn sie vertikal auf einer festen Unterlage stehen, oder vertikal aufgehängt werden, sich durch ihr eigenes Gewicht im ersteren Falle verkürzen, im andern Falle verlängern, auf welchen Umstand bei feinen Messungen wird Rücksicht zu nehmen sein.

Repsold's Dickenmesser.

Zu den Comparateuren für kleine Längen können die Apparate gerechnet werden, welche zur Ausmessung des Volumens cylindrischer Körper mehrfach ausgeführt wurden. Ein sinnreicher Apparat, der zugleich auch als Dickenmesser für sehr dünne platten- oder fadenförmige Körper zu benutzen ist, wurde von Repsold für Schumacher zunächst zur Vergleichung der Dimensionen verschiedener cylindrischer Platingewichte construirt. Die *Fig. 11* (S. 507) zeigt die Einrichtung dieses Apparates, den man einen Comparateur mit Libellenfühlhebel nennen kann. Auf einer starken Metallplatte sind zwei vertikale Platten *A* und *B* sehr sicher befestiget. An *A* ist ein Stahlcylinder *Q* rechtwinklich angesetzt, so dass die vordere fein polirte Fläche von *Q* eine vertikale Ebene bildet. Die beiden Platten *A* und *B* werden in unverrückbarer Entfernung von einander durch zwei horizontal liegende Stahlcylinder gehalten, welche zugleich dazu dienen, einer Schlittenvorrichtung eine feste Unterlage und sanfte Führung zu geben.

Zwischen *A* und *B* liegt eine feine Theilung *TT*, an welcher entlang eine feine Schlittenvorrichtung *aLbSP* mittelst der Mikrometerschraube *M* bewegt wird. An dem Schlitten ist die um die horizontale Axe *ab* drehbare Libelle *L* befestigt und mit dem die Axe der Libelle tragenden Stücke ist ein Ansatzstück, welches die prismatische Schneide *P* trägt, verbunden; die Schneide von *P* liegt genau in der Verlängerung von *ab*.

Wird ein Körper, z. B. ein Cylinder *C*, an das feste Stahlstück *Q* angelegt und nun der Schlitten so lange mittelst der Mikrometerschraube *M* fortgeschoben, bis *P* einen zweiten Punkt des Cylinders berührt, so wird die zuerst durch die kleinen Gegengewichte *g* nach links übergeneigte Libelle gehoben; sobald die Schneide *P* der Fläche *Q* normal gegenübersteht, spielt die Libelle ein.

Der Betrag der Verschiebung des Schlittens, wenn zuerst *P* direkt auf *Q* normal aufgesetzt und dann ein Körper *C*, wie angegeben, eingeschaltet wurde, ist also die lineare Entfernung der beiden *Q* und *P* berührenden Punkte des Cylinders.

Die Theilung *T* enthält auf einer Länge von $20'''$ engl. 25 ganze Theile, jeder Theil ist in Zehntel getheilt und ein Umgang der Mikrometerschraube verschiebt den Schlitten um ein solches Zehntel. Der Kopf der Mikrometerschraube ist in hundert Theile getheilt, wobei die Drehung um einen Theilstrich die Luftblase der Libelle um einen vollen Theilstrich auf dem Glase der Libelle bewegt. Der Werth eines Mikrometertheiles ist mithin $\frac{20}{25 \cdot 10 \cdot 100}$

$= \frac{1}{1250}''$ engl. oder fast genau $\frac{1}{500}$ mm $\Big($genauer, da $1'''$ engl. $= 2^{mm},54$ zu setzen ist $= \frac{1016}{500000}\Big)$ *.

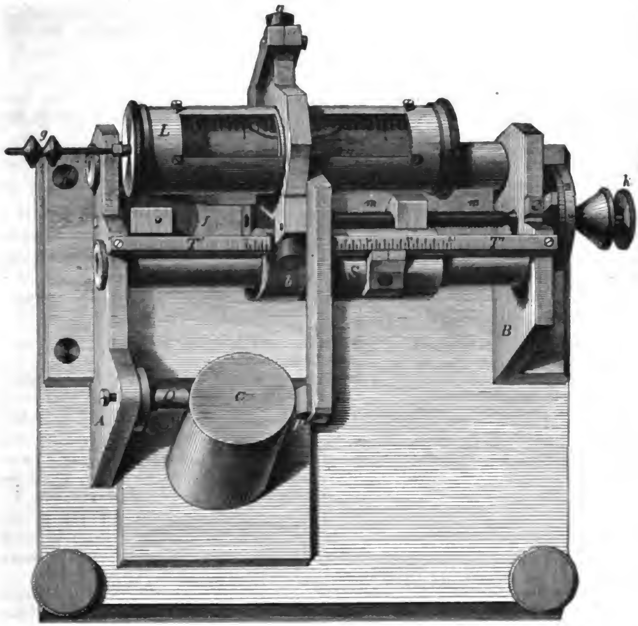


Fig. 11.

* Dies 1832 von Repsold construirte Instrument scheint nirgends beschrieben zu sein. Die obige Angabe über den Werth der Messung beruht auf Nachmessung der Theilung mit einem vortrefflichen Etalon von Troughton für englisches Maass und *Meter etalons* von Pistor und von Meyerstein, stimmt aber nicht mit der Notiz von Schumacher (astron. Jahrb. 1836, p. 243), wonach 1 Theil der Mikrometerschraube $= \frac{1}{1000}$ Linie (was für Linie?) sein soll. Wären metrische Linien zu 2^{mm} gemeint, so müsste die Länge der 25 Theile von $T = 50^{mm}$ sein, statt der gefundenen 50,8. Die Differenz ist so bedeutend, dass sie die ganze mit diesem Apparate ausgeführte Vergleichung des Normal-Platin-Kilogramms von Schumacher mit dem französischen Kilogramm der Archive unbrauchbar machen würde. Letzteres wurde in seinem Volumen durch einen, wie es scheint, dem Repsold'schen ähnlichen, von Gambey construirten Apparat, der direkt am Vernier $\frac{1}{100}^{mm}$ abgiebt, von Olufsen gemessen, es ist aber aus Schumacher's Abhandlung nicht ersichtlich, ob die Uebereinstimmung der Theilungen am Repsold'schen und am Gambey'schen Apparate untersucht wurde.

Bei der neuesten Ausmessung des Kilogramms der Archive durch Hrn. Yvon-Villarceau ist ebenfalls ein Gambey'scher Apparat angewendet worden; es ist nicht ersichtlich, ob es der früher benutzte war; eine Beschreibung der Gambey'schen Apparate habe ich nicht auffinden können (vergl. Regnault, Morin et Brix, *Rapport sur les comparaisons qui ont été faites à Paris en 1859 et 1860 de plusieurs kilogrammes en platine .... avec le kilogramme prototype en platine des Archives Impériales*. Berlin 1861. 4.°; und G. Karsten Schreiben über die Vergleichung der preussischen Kilogramme *des Archives* nebst Bemerkungen des G. R. R. Brix über einige Punkte

Zu feinen mikrometrischen Messungen war der Fühlhebel mit Erfolg bei den Untersuchungen über die Ausdehnung durch die Wärme benutzt worden. Einen solchen Apparat beschreibt: J. Smeaton *description of a new pyrometer; Philos. Trans. f. the year 1754.* Vol. XLVIII. Part. II. p. 598* und giebt an, dass eine Längendifferenz von $\frac{1}{2345}$ Zoll durch denselben gemessen wird.

Die Anwendung des mikroskopischen Mikrometers rührt von Ramsden her; die Construction ist beschrieben und abgebildet in Roy *description of the microscopic pyrometer. Phil. Trans. f. t. y. 1785*, Vol. LXXV. Pt. I. p. 461* ff. und Tab. XX.

Comparateur.

Horner Art. Comparateur in Gehler's n. ph. W. II. 175*.

(Et. Lenoir 1744—1832) *Description et usage du comparateur de* Lenoir *dont* R. Prony *s'est servi pour comparer les divers étalons de mesure .... Bibl. Brit. sciences et arts.* Vol. XIX. p. 301* (1802); auch in Méchain et Delambre *base du système métrique* III. 447.

Ed. Troughton's (1753—1835) Comparateure mit 2 Mikroskopen in G. Shukburgh *Phil. Trans. f. t. y. 1798*, p. 133* §. 7. *Description of the Beam Compass or divided Scale of equal Parts.* s. a. Th. Young *lectures*, II. ed. pag. 86 und plate VII. Fig. 96*.

Rapport de la Commission de l'Institut .... Bibl. Brit. Vol. XX. 105.

Kater *Phil. Trans. f. t. y. 1818*, Pt. I. p. 49* ff. *Bibl. univ.* X. 1.

Prony's Comparateur mit 1 Mikroskop in: Gilbert's Annalen LII. 329* (1816).

Eytelwein Prüfung der Normal-Maasse und Gewichte für den preussischen Staat (Troughton'scher Comparateur von Pistor), Abh. d. Berlin. Akad. 1825*.

Steinheil Copie des Mètre der Archive (Repsold'scher Comparateur mit Fühl-Niveaux. — Beispiel einer vollständigen Vergleichungs-Operation.) Abh. der München. Akad. 2te Cl. IV. Abth. I. S. 247*.

Kater *On the error in standards of linear measure arising from the thickness of the bar on which they are traced. Phil. Trans.* 1830. p. 359.

Grosser Comparateur mit Mikroskopen und Einrichtung zum Theilen in Kupfer *travaux de la commission ....* Petersburg 1841. Vol. II. p. 341* und Pl. VIII und XI.

Appareil pour mesurer les dimensions d'un cylindre in Kupfer *travaux etc.* Vol. II. p. 35* und Tl. I und II.

J. Whitworth's *measuring machines. Mechan. Magaz.* 1859 II. 217*.

J. F. Voigtländer's Comparateur. Jahrb. d. polyt. Inst. II. pag. XXVI* (1820).

S. Stampfer Beschreibung zweier am k. k. polytechnischen Institute befindlichen Comparatoren (Maassvergleicher) und Untersuchung ihrer Genauigkeit. Jahrb. d. pol. Inst. XVIII. 149* (1834).

Froment *Sur un comparateur et sur des types de mesures métriques. Bullet. de la soc. d'enc.* 1851. p. 3* mit Abbild. auf pl. 1171*. Für m. *à bouts* sowohl wie *à traits*; für erstern mit Fühlhebelcontact und Visiren der Hebelendigungen durch Mikroskope; für letztern mit Mikroskopen.

Nicklès *On the verification of a standard meter. Sillim. Journ. sec. ser.* XV. 413* (1853). — Comparateur von Silbermann für das Normalmeter der Vereinigten-Staaten. Apparat mit zwei Fühlhebeln, giebt direkt eine Genauigkeit von $\frac{1}{10{,}000}$ Millimeter.

J. T. Silbermann *Mémoire sur la mesure de la variation de longueur des lames ou règles soumises à l'action de leur propre poids; pour servir de correctif aux mesures linéaires. C. R.* XXXVIII. 825*; *Inst.* 1854, p. 168; *Sillim. J.* (2.) XVIII. 388; Ztschr. f. Naturw. VI. 344 (für Platin $0{,}02305^{mm}$, für Bronze $0{,}00341^{mm}$. Längenveränderung auf 1 Meter langem Maassstab).

Perreaux *Comparateur destiné à la verification des mètres étalons. C. R.* XLV. 1040* (1857) (C. mit zwei Mikroskopen).

§. 175. Die Längentheilmaschine.

Die Theilung von Maassstäben in *n* gleiche Theile und ebenso die Herstellung von Skalen mit beliebig verschiedenen Unterabtheilungen wird durch die geradlinigen oder Längentheilmaschinen bewirkt.

---

jenes Schreibens. Verhandl. des Vereins zur Beförd. d. Gewerbefl. in Preussen 1861, S. 242*. — Ein von Kupfer angewendeter Apparat zur Ausmessung der Dimensionen eines Cylinders ist im Princip ein Comparateur mit Mikroskopen.

Die üblichste und gerade für die feinsten Theilungen gebräuchlichste, dabei die zur Theilung in verschieden grosse Theile bequemste Einrichtung ist die, bei welcher vermittelst einer hinreichend langen Mikrometerschraube ein mit einem Reisswerke versehener Schlitten über den festliegenden zu theilenden Maassstab hinweggeführt wird. Schematisch zeigt die *Fig. 12* die Haupttheile einer solchen Theilmaschine.

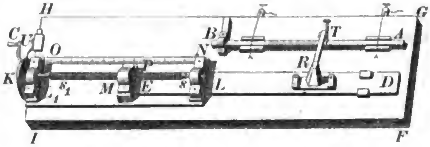


Fig. 12.

Auf der festen Unterlage $FGHI$ sind zwei Zapfenlager LL_1 befestigt, in denen die Mikrometerschraube ss_1 sich vermittelst der Kurbel C ohne Fortbewegung um ihre Axe drehen lässt. Die Schraube läuft in der seitlich verschiebbaren Mutter M, an welcher einerseits der Schlitten DE, andererseits der neben der Theilung NO entlang gleitende Index P befestigt ist. Die Mikrometerschraube hat einen auf ihrer Axe befestigten, centrirten und getheilten Kopf K, welcher bei der Drehung der Schraube neben dem festen Index U vorbeigeht, so dass abgezählt werden kann, um welchen Theil eines Schraubenumganges die Schraube gedreht wird. An dem Schlitten DE ist das Reisswerk R mit dem Messer, Stichel oder Diamant T befestigt. Die zu theilende Länge AB wird an dem Gestelle in fester Lage angebracht und auf ihr je nach der Stellung des durch Mutter und Schlitten verschobenen Reisswerkes eine Marke durch T eingeschnitten.

In der Anordnung der genannten Haupttheile der Maschine kommen constructive Abweichungen vor; z. B. kann das Reisswerk etwa bei AB festgestellt, dagegen der zu theilende Körper auf dem Schlitten angebracht und unter dem Reisswerk entlang geführt werden. Ferner kann, statt die Mikrometerschraube mit getheiltem Kopfe zu versehen, der sich neben einem festen Index dreht, umgekehrt die Schraube einen sich mit ihr drehenden Index oder Zeiger erhalten, der die Theilstriche der fest angebrachten Scheibe K durchläuft. Für die Methode der Theilung sind indessen solche Abweichungen in der Construction unwesentlich.

Die Arbeit des Theilens wird nun in folgender Weise bewerkstelligt. Vorausgesetzt, dass die Mikrometerschraube gleichmässig geschnitten ist, wird durch jede volle Umdrehung das Reisswerk um den Betrag der Höhe des Schraubengewindes, durch jeden n^{ten} Theil der Umdrehung um $\frac{1}{n}$ der Höhe des Schraubengewindes verschoben. Ist die Höhe des Gewindes dadurch bekannt, dass durch den Versuch festgestellt wurde, wie viele Umdrehungen erforderlich sind, um das Reisswerk um eine bekannte Länge zu verschieben, so giebt eine einfache Rechnenoperation an, wie viele ganze und theilweise Umdrehungen verwendet werden müssen, um das Reisswerk um den gewünschten in die Skala einzutragenden Theil zu verschieben. Hätte man z. B. 10,35 Umdrehungen gebraucht, um den Stichel des Reisswerkes um 10^{mm} zu verschieben, so wäre die Höhe einer Windung $= 1^{mm},035$. Sollte nun eine Theilung nach Millimetern gemacht werden, so müsste für jeden Theilstrich die Schraube um

$\frac{1}{1,035} = 966184$ Umdrehungen gedreht werden. Aehnlich würde man für jede beliebige, in das Maass einzutragende Länge verfahren und die Maschine also geeignet sein, Theilungen nach jedem beliebigen Maasssysteme anzufertigen. Indessen ergiebt sich hierbei sehr bald, dass Fehler der Theilung unvermeidlich sind, wenn die zur beabsichtigten Verschiebung des Reisswerkes erforderliche Schraubendrehung nicht mehr bis zu dem kleinsten Theile abgelesen werden kann. Könnte man z. B. nur $^1/_{1000}$ der Drehung an dem Mikrometerkopfe ablesen, so würde man in dem angeführten Falle zur Theilung in Millimeter von den erforderlichen 0,966184 Umdrehungen 0,00184 vernachlässigen müssen, was durch Summirung schliesslich einen erheblichen Fehler veranlassen würde. Dieser Fehler muss dadurch möglichst ausgeglichen werden, dass man die durch Summirung anwachsenden Differenzen hinzunimmt, sobald sie die Hälfte des letzten ablesbaren Theiles der Umdrehung überschreiten. Eine einfache Rechnung, welche man sich vor der Theilung entwirft, zeigt, wie die Compensation des Fehlers zu bewirken ist. Wenn $1^{mm} = 966184$ Umdrehungen beträgt, so erhält man für die aufeinander folgenden Skalentheile folgende Werthe:

Skalentheil	berechnet	zu verwenden
1	0,966184	0,966
2	1,932368	1,932
3	2,898552	2,899
4	3,664736	3,665
5	4,830920	4,831

u. s. w.

In dem Vorhergehenden ist angenommen, dass eine Theilung nach einem Maasse ausgeführt werden soll, dessen Grössenverhältniss zum Werthe des Schraubenabstandes bekannt ist. Es ist aber ersichtlich, dass die Maschine auch verwendet werden kann, um eine gegebene Länge in beliebig viele, etwa n gleiche Theile zu theilen. Es würde zuerst ermittelt werden, wie viele Umdrehungen der Schraube für die ganze Länge der zu theilenden Linie erforderlich sind, dies seien a Umdrehungen, dann ist für jeden einzelnen Theil $\frac{a}{n}$ Umdrehungen zu verwenden.

Wenn die Mikrometerschraube, wie dies beim Eintheilen grösserer Maassstäbe gewöhnlich ist, nicht ausreicht, um das Reisswerk über die ganze Länge des zu theilenden Maasses zu führen, so muss dasselbe nach Beendigung eines Stückes der Theilung und nachdem der Schlitten wieder zurückgeführt wurde, so weit verschoben werden, dass ein schon gezogener Theilstrich genau wieder mit dem Stichel des Reisswerkes zusammentrifft. Um dies genau bewerkstelligen zu können, wird ein Mikroskop oder eine Loupe angebracht, durch welche die Coincidenz von Stichel und Theilstrich beobachtet werden kann, welche durch Verschiebung des Reisswerkes mittelst der Mikrometerschraube immer herzustellen ist.

Theilmaschine von Girgensohn.

Für den praktischen Gebrauch sind an der Theilmaschine verschiedene Einrichtungen anzubringen, die bei der obigen schematischen Darstellung, weil sie die Methode des Theilens nicht betreffen, hinweggelassen sind, die aber für die bequeme und sichere Ausführung des Theilens Wichtigkeit haben.

Als Beispiel einer sehr sorgfältig ausgeführten Theilmaschine mag die von Girgensohn dienen, deren Einrichtung ich nach der Beschreibung von Kupffer hier mittheile. Ueber andere feine Theilmaschinen giebt die Literatur Auskunft.

Die Girgensohn'sche Theilmaschine, deren perspectivische Ansicht die *Fig. 13* zeigt, ruht auf einer starken gegossenen Platte *aaaa*, deren obere Flächen *a'* und *a''* vollkommen eben

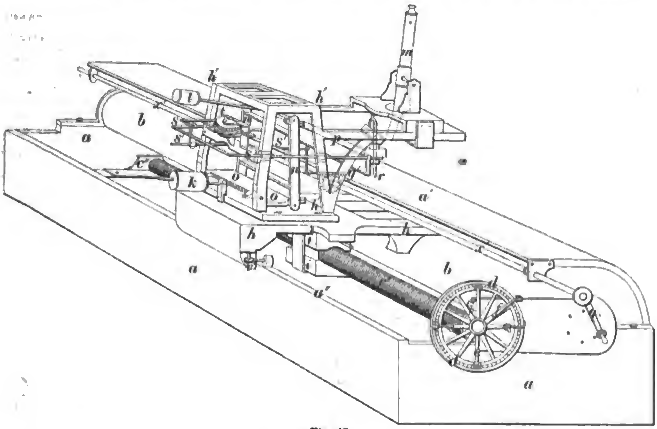


Fig. 13.

sind. Der eiserne Cylinder *bb* ruht mit seinen Enden so auf der Grundplatte, dass seine Axe den Ebenen *a'* und *a''* parallel ist. Ebenso ist die Mikrometerschraube *cc* in ihren Trägern *c'* und *c''* orientirt.

Um für die Maschine eine Mikrometerschraube von völlig gleichmässigem Gange zu erhalten, wurde dieselbe nicht nur höchst sorgfältig gearbeitet, sondern, um auch den Einfluss der Wärme während des Schneidens der Schraube zu beseitigen, so wurde die Schraube während der ganzen Arbeit ihrer Ausführung unter Wasser von 0° erhalten. Die Endzapfen der Schraube sind mit dieser auf das Genaueste centrirt.

Der Endzapfen *c'* der Schraube trägt den Theilkreis *dd* und die Alhidade *e*; ersterer ist am Zapfen selbst befestigt, letztere vermittelst des Hebels *f* in fester Lage gegen die Grundplatte erhalten.

Der Theilkreis ist in 400 Theile getheilt, von denen jeder durch die Verniere der Alhidade in 10 Theile getheilt wird. Jeder Zoll der Mikrometerschraube enthält ungefähr 40 Windungen. Man könnte also den Zoll in 160000 Theile theilen, aber wenn man eine genaue Theilung haben will, darf man nicht über $^1/_{10000}$ Zoll hinausgehen. Bei *c''* ist eine Feder zur Vermeidung des todten Ganges der Schraube angebracht.

Der Schlittenapparat, welcher das Reisswerk trägt, läuft auf dem Cylinder *bb*; er wird durch die Mikrometerschraube in Bewegung gesetzt. Das Reisswerk ist so angebracht, dass es sich senkrecht oberhalb der Axe des Cylinders *bb* befindet; auf diese Weise sind die

kleinen Unregelmässigkeiten des Cylinders, die sich nicht ganz vermeiden lassen, fast ohne Einfluss auf die Theilung, während ihr Einfluss bedeutend sein würde, wenn das Reisswerk von der durch die Axe des Cylinders gelegten senkrechten Ebene weit entfernt wäre.

Die Schraubenmutter *ii*, welche bei der Drehung der Mikrometerschraube das Reisswerk in Bewegung setzt, ruht nur durch ihr Gewicht auf der Mikrometerschraube und kann aufgehoben werden, um das Reisswerk unabhängig von der Mikrometerschraube zu bewegen. Man hebt die Mutter *ii* vermittelst der Schraube *v'* (in *Fig. 14*) und des Hebels *x'''* auf, wenn man den Schlitten unabhängig von der Mikrometerschraube führen will. *K* ist ein Gegengewicht für das Reisswerk.

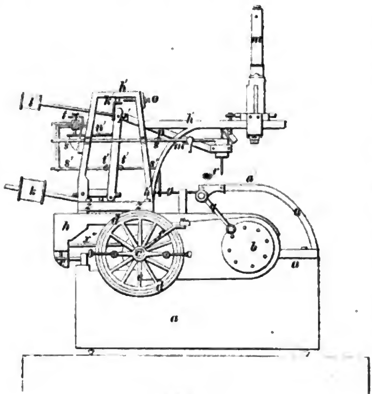


Fig. 14.

Alle Theile des in der Seitenansicht *Fig. 14* am vollständigsten zu übersehenden Reisswerkes müssen sich mit der grössten Leichtigkeit und ohne Unregelmässigkeit bewegen. Die Theilstriche, welche man mit demselben zieht, sollen, je nach den Umständen, verschiedene Längen haben; diese Längen sollen in gewissen Intervallen wechseln; man soll mit der Dicke der Theilstriche wechseln können; endlich soll die Neigung des Messers gegen die Ebene des zu theilenden Maassstabes stets dieselbe bleiben, damit die Tiefe eines Theilstriches eine gleichmässige wird.

Festigkeit und gleichzeitige Beweglichkeit ist dadurch erreicht, dass die beweglichen Theile des Reisswerkes sich um Spitzen drehen, welche die Endigungen stark gehärteter Stahlcylinder bilden. Der Rahmen *h'h'*, welcher alle beweglichen Stücke des Reisswerkes einschliesst, kann senkrecht zum Maassstabe auf der Unterlage *hh* vorwärts und rückwärts verschoben werden, während *hh* auf dem Cylinder *bb* verschiebbar ist. Der Rahmen ist durch die Schrauben *zz* festzustellen, so dass das Messer nach Belieben auf verschiedene Punkte des Maassstabes zu setzen ist.

Um Theilstriche zu ziehen, bedient man sich des vierkantigen Stahlstabes *x'x'*, den man durch die Kurbel *q* drehen kann. Der Stab *x'x'* trägt ein Zahnrad, welches sich auf ihm verschieben lässt und welches zwischen einer an dem Stücke *hh* befestigten Gabel eingeschlossen ist. Sobald man die Mikrometerschraube dreht und demzufolge *hh* auf dem Cylinder *bb* fortschreitet, nimmt die Gabel das Zahnrad mit sich. Das Zahnrad setzt wiederum eine Zahnstange *g'* (*Fig. 13*) in Bewegung und diese die Stange *s's'* und *ss*.

Die Stange *s's'* hat zwei Ansatzstücke *t't'* (*Fig. 14*), welche gegen das Stück *n* stossen und dasselbe um Spitzen drehen, die in *oo* befestigt sind. Da *oo* zugleich durch das Gewicht *k* so gehoben wird, dass die Kugel *k'* auf der Innenfläche von *h'*, welche eben und von gehärtetem Stahl ist, gleitet, so wird sich der Punkt *p'* stets in derselben Horizontalrichtung bewegen und ebenso das Stück *pp*, an dem sich das Messer befindet. Auf einer Seite stösst die Kugel *k'* gegen die Schraube *o'*; das Stück *nn* hat einen stählernen Ansatz *n'*, welcher gegen das Zahnrad *t* stösst, und dieses schreitet bei jedem Theilstrich um einen Zahn vor.

Da die innere Scheibe des Zahnrades, gegen welche das Stück *n'* anstösst, Einschnitte hat, so werden die gezogenen Theilstriche verschiedene Längen haben, und es ist leicht, diese Scheibe so einzurichten, dass jeder 5te, 10te u. s. f. Theilstrich länger als die übrigen wird.

Die Stange *ss* trägt das Stück *m'*, welches in seiner Mitte mit einer Rolle versehen ist, auf welcher das Stück *pp* ruht. Bei jedem Theilstriche senkt sich also *pp*, bevor noch *t'*

das Stück *nn* berührt; sobald aber *t* gegen *nn* anstösst, wird *pp* mitgenommen und der Theilstrich verlängert sich so weit, bis *n'* von *t* angehalten wird, und während dieser Zeit ist *t* um einen Zahn vorgeschritten. Wenn man zurückdreht, erhebt sich *pp* zuerst und dann, sobald *t'* durch *nn* gehemmt wird, geht *pp* so lange zurück, bis *k'* durch die Schraube *o'* angehalten wird. Das Gewicht *l* ist das Gegengewicht zu *pp*, so dass man die Theilstriche nach Belieben mehr oder weniger fein machen kann.

Der Maassstab, den man copiren will, wird unter das Mikroskop *m* auf die Ebene *a'a'* gelegt, und da diese Ebene leicht mit Wachs überzogen ist, braucht man den Maassstab nur dagegen zu drücken, um ein hinreichend starkes Anhaften zu bewirken. Um hierbei die Linien der Theilung parallel zur Mikrometerschraube zu legen, nimmt man die Schraubenmutter vermittelst *v'* fort und lässt das Reisswerk mit dem Mikroskope den Maassstab entlang laufen; die Theilung muss sich dann immer in dem Fadenkreuze des Mikroskopes befinden.

Nachdem der Maassstab passend aufgelegt ist, bringt man den zu theilenden Stab neben und parallel mit ihm an, so dass dieser vom Messer in richtiger Stelle getroffen werden kann. Nun lässt man die Schraubenmutter nieder und sobald diese durch ihr Gewicht auf der Mikrometerschraube ruht, kann man mit dem Ziehen der Theilstriche beginnen, nachdem man noch die Länge und Tiefe der Striche u. s. w. angeordnet hat. Das Mikroskop trägt einen Spiegel, um die Theilung zu beleuchten, und man muss einen Schirm zwischen sich und dem Mikroskope aufstellen, damit die Körperwärme keinen Einfluss hat.

Man lässt nun das Fadenkreuz mit dem ersten Theilstrich des Originalmaasses zusammenfallen, zieht einen Theilstrich, führt das Reisswerk bis zum zweiten Theilstrich des Originales, zieht den zweiten Strich u. s. w. Dabei können die kleinen Unterabtheilungen, z. B. Linien und Zehntellinien, ohne Benutzung der Originaltheilung, nur durch die Theilung der Mikrometerschraube gemacht werden.

Man sieht, dass diese Theilungsmethode eine Originaltheilung von grosser Genauigkeit voraussetzt. Um sich einen solchen Orginalmaassstab zu verschaffen, bedient man sich des Theilkreises am Ende der Mikrometerschraube. Man zieht zuerst auf einem kleinen Lineale einen Bruchtheil der ganzen Länge des Yard aus, z. B. drei Zoll. Die Theilstriche, deren Entfernung drei Zoll betragen soll, sind auf Silberplatten gezogen, die auf dem Lineale aufgelöthet sind. Das Lineal besteht aus dem Metalle des Standard-Yard und ist aus zwei Stücken zusammengesetzt, die sich von einander entfernen und einander nähern lassen; die beiden Theilstriche befinden sich auf den beiden verschiedenen Stücken des Lineales. Beide Stücke sind durch Schrauben an einander befestigt, so dass man die Abstände der Theilstriche um kleine Grössen verändern kann

Dies kleine Lineal ist auf einem grösseren an der Theilmaschine befestigten so zu verschieben, dass die Theilstriche des kleinen Lineals successive unter dem Mikroskop zu sehen sind. Nun lässt man den Schlitten mit dem Mikroskope von Anfang bis zu Ende durch die Mikrometerschraube bewegen; man lässt das Fadenkreuz des Mikroskopes mit dem ersten Theilstrich des kleinen Lineales zusammenfallen und liest den Theilkreis der Mikrometerschraube ab. Dann verschiebt man das Mikroskop mittelst der Mikrometerschraube, bis das Fadenkreuz den zweiten Theilstrich des kleinen Lineales deckt, und liest abermals die Theilung ab. Dann verschiebt man das kleine Lineal, bis der erste Theilstrich unter dem Fadenkreuze liegt, und so fährt man mit diesen Operationen so lange fort, bis das Mikroskop 12 mal die Entfernung zwischen beiden Theilstrichen oder ein ganzes Yard durchlaufen hat. Dann nimmt man das kleine Lineal fort, legt das Standard-Yard an seine Stelle und beobachtet, ob die ganze bei der vorigen Operation vom Mikroskope durchlaufene Entfernung der Länge des Yard gleich ist. Ist dies nicht der Fall, so ändert man die Distanz der beiden Theilstriche am kleinen Lineal, bis vollständige Uebereinstimmung zwischen der Länge des Yard und der zwölffachen Entfernung der beiden Theilstriche des kleinen Lineals erreicht ist.

Es ist leicht zu sehen, dass diese Operation uns den Werth der Theilung der Mikrometerschraube, welche einem Zwölftel Yard entspricht, kennen lehrt, und dass man, hiernach die Theilung ausführend, eine sehr genaue Theilung erhalten muss. Man kann darauf in derselben Weise die drei Zoll in kleinere Theile theilen, aber im Allgemeinen wird es genügen, für die Unterabtheilungen nach gleichen Bogentheilen des Theilkreises zu theilen, denn für

nicht zu grosse Stücke der Mikrometerschraube kann der Gang derselben als gleichmässig angesehen werden.

Einfache Theilmaschine für willkührliche Maasse.

Eine sehr einfache Theilmaschine, die oft mit Nutzen zu verwenden ist, wenn bei Versuchen oder beim Anfertigen von Zeichnungen die Theilung von Längen nach willkührlichem Maasse gewünscht wird, lässt sich aus einem Lineal und einem Dreieck mit veränderlichem Winkel herstellen. Vorrichtungen dieser Art, welche die praktische Handhabung erleichtern sollen, sind wiederholt beschrieben worden, so von Guenet, Göhl u. A. Ein schon älteres, von Gambey construirtes, aber, so viel ich sehe, nicht beschriebenes Instrument zeigt die *Fig. 15.*

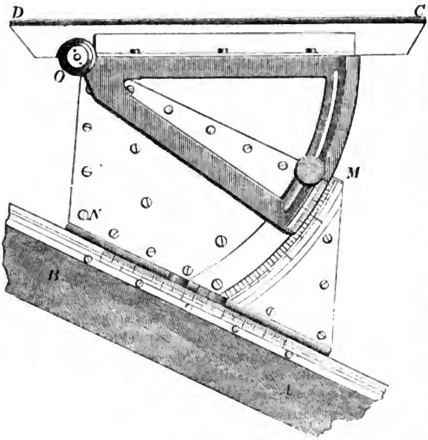


Fig. 15.

AB ist ein in Millimeter getheilter Maassstab. Der Kante desselben entlang und in einer Nut ist die Metallplatte *MN* verschiebbar, an welcher ein Gradbogen und das um *O*, dem Mittelpunkt des Gradbogens, drehbare Lineal *CD* befestigt ist. Wenn der Gradbogen auf seinen Nullpunkt gestellt ist, sind das Lineal und der Maassstab einander parallel und lässt sich die Neigung des Lineales gegen den Maassstab um den Winkel α auf halbe Grade direkt ablesen, vermittelst des Verniers aber auf Minuten. Wird nun eine zu theilende Länge senkrecht gegen das Lineal *CD* gelegt, so sind die Verschiebungen des Lineales auf der zu theilenden Linie gleich den Verschiebungen der Platte *MN* längs dem Maassstabe multiplicirt mit dem Sinus α. Ist also die beabsichtigte Theilung t und die Theilung des Maassstabes $AB = T$, so hat man $t = T \sin \alpha$ zu machen, woraus sich die erforderliche Winkelstellung des Lineales als $\sin \alpha = \frac{t}{T}$ ergiebt.

Diese Theilmaschine erlaubt keine grosse Genauigkeit, weil eine feine Einstellung für den Winkel, eine Vorrichtung zum gleichmässigen Ausziehen der Theilung, endlich eine feine Führung der Platte *MN* fehlt. Es würde sich aber das Princip der Maschine zur Ausführung sehr feiner Theilungen, wie z. B. der mikrometrischen Gitter eignen, weil das Verhältniss $t : T$ der Null beliebig angenähert werden kann.

§. 176. Die Kreistheilmaschine.

Ebenso wichtig wie die Theilung der geraden Linie zur Herstellung geradliniger Maasse ist die Theilung des Kreises, der in seiner Anwendung bei den Winkelinstrumenten nicht allein zur Messung von Winkeln, sondern auch indirect zur Messung von Längen dient.

Man wird, wenn man von der Theilung eines Kreises spricht, die Ausführung der ersten Originaltheilung und die Uebertragung dieser Theilung oder die Anfertigung der Copien zu unterscheiden haben.

Das Uebertragen von einer schon vorhandenen Theilung wird im Allgemeinen auf ähnliche Weise geschehen können, wie das Copiren eines Längenmaasses. Man denke sich nur den zu theilenden Kreis concentrisch mit dem Normalkreise befestigt und eine um das gemeinsame Centrum drehbare Alhidade angebracht, welche ein Reisswerk trägt, dessen Stichel radiale Striche zieht, während durch ein gleichfalls an der Alhidade befestigtes Mikroskop auf die Theilung des Normalkreises eingestellt werden kann. Oder es könnten die beiden Kreise unter dem feststehenden Reisswerke und Mikroskope gedreht und bei jeder im Mikroskope beobachteten Coincidenz des Fadenkreuzes mit einem Theilstrich des Normalkreises ein Strich auf dem zu theilenden Kreise gezogen werden. Diese Methode macht zum Ziehen jedes einzelnen Theilstriches die Ablesung des Mikroskopes nothwendig, ist also, wenn sie auch eine grosse Genauigkeit des Copirens gestattet, doch sehr mühsam.

Es kann aber auch eine mechanische Theilungsmethode gedacht werden, die der Längentheilung nur mittelst der Mikrometerschraube ähnlich sein würde.

Würde z. B. der Normalkreis an seinem Umfange sehr gleichmässig verzahnt und durch eine feingeschnittene Führungsschraube ohne Ende um seine Axe gedreht, so würde jeder einmaligen Drehung der Schraube ein gewisser Winkelwerth entsprechen, also die beabsichtigte Winkelverschiebung des auf dem Normalkreise befestigten zu theilenden Kreises, unter dem feststehenden Reisswerke hinweg, durch eine zu berechnende Drehung der Führungsschraube zu bewirken sein. Eine solche mechanische Theilungsmethode, wie sie im Gegensatze zu der ersteren, der Ablesungsmethode, genannt wurde, ist für das praktische Theilen viel bequemer, macht aber die Construction der Theilmaschine viel schwieriger.

Beide Methoden sind übrigens in Anwendung gebracht; Ramsden zuerst und neuerdings z. B. Oertling haben die mechanische Methode, Reichenbach die Ablesungsmethode zur Ausführung vorzüglicher Theilungen benutzt.

Das Copiren setzt nun das Vorhandensein einer genauen Theilung voraus und die Herstellung dieser ersten Normaltheilung macht ungleich grössere Schwierigkeiten, wie die Eintheilung einer Länge. Zuerst bewirkte man die Kreistheilung, indem man durch Ausprobiren der erforderlichen Entfernungen der Spitzen eines Stangenzirkels successive immer kleinere Bogen in gleiche Theile theilte, also etwa erst durch Halbirungen auf Theilungen von 45° zu 45°, dann durch Tripartirung auf 15° und 5°, endlich durch Fünftheilung auf einzelne Grade kam. Auf diese Weise hatten Graham, Bird u. A. die Theilungen für die astronomischen Instrumente ausgeführt. Eine bessere Methode gab der Duc de Chaulnes an, indem er zeigte, wie statt der Stangenzirkel Mikroskope mit mikrometrischer Bewegung anzuwenden seien. Der berühmte Mechaniker Ramsden combinirte die ältere Methode mit der vom Duc de Chaulnes angegebenen, während Reichenbach so weit sich aus der kurzen Notiz über sein Theilverfahren ersehen lässt, zuerst die Methode vom Duc de Chaulnes, ohne dessen Vorschlag zu kennen, anwendete, dann aber zur mikroskopischen Einstellung noch den Gebrauch des Fühlhebels hinzufügte. In eigenthümlicher

und sinnreicher Weise sind diese beiden Instrumente dann u. A. von Oertling zur Herstellung einer Normaltheilung verwendet worden.

Während rücksichtlich der genauen Beschreibung aller bei dem Eintheilungsverfahren zu berücksichtigenden Umstände auf die Originalmittheilungen verwiesen werden muss, sollen hier nur in der Kürze die von Reichenbach und Oertling angewendeten Methoden erwähnt werden.

Reichenbach's Theilmaschine.

Wenn auch das Princip der Methode, nach welcher Reichencach die Eintheilung seiner Theilmaschine vollzog, schon vom Duc de Chaulnes angegeben war, so ist jedenfalls die vollendete praktische Durchführung der Methode zuerst Reichenbach gelungen.

Die Theilungsmethode ist folgende. Es sei *ABC* (*Fig. 16*) der zu theilende Kreis, er sei horizontal aufgestellt und könne um seine Axe nach Belieben gedreht werden. Auf der nach oben verlängerten Axe ruhen unmittelbar über einander zwei Alhidaden, die untere *abcd* in Gestalt eines Dreiecks, mit dem Bogen *cd*, und die obere *efgh*, welche zugleich den Linienreisser *ikl* und den Schnabel *mn* trägt. Beide Alhidaden sind von einander unabhängig um die Axe drehbar. An der oberen Alhidade *efgh* befindet sich innerhalb des Bogens *gh* eine vorn schneidenartig zugeschliffene silberne Lamelle *op*, welche auf ihren äussersten Punkten zwischen zwei kegelförmig zugespitzten Schrauben beweglich ist und, wenn sie auf den Limbus niedergelegt wird, sich mit demselben in einerlei Ebene befindet. Der Schnabel *mn* ist vorn bei *n* mit einer schneidenartig zugeschliffenen Lamelle versehen, auf der, bis zur vorderen Schneide heraus, eine äusserst zarte Linie gezogen ist. Endlich hat auch der Bogen *cd* zwei Schieber *qq* und *rr*, welche auf ihm in jeder beliebigen Entfernung von einander durch Stellschrauben befestigt werden können; sie tragen auf ihrer oberen Fläche silberne Plättchen mit zarten Linien, die mit der unteren Fläche der Lamelle *n* genau in einer Ebene liegen. Sowohl die auf Stahlspitzen bewegliche Lamelle an der oberen Alhidade, als die Lamelle *n* am Schnabel sind mit guten Mikroskopen versehen und jede der Alhidaden hat ihre eigene Hemmung am Kreise, *D* und *E*, so wie ihre eigene damit verbundene Mikrometerschraube.

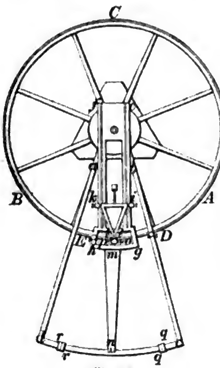


Fig. 16.

Man fängt damit an, auf irgend einer Stelle des Kreises die obere Alhidade *efghmn* festzustellen, und bei zurückgelegter Lamelle *op* mit dem Linienreisser *ikl* eine äusserst zarte Linie auf dem Limbus zu ziehen; alsdann wird diese Lamelle *op* auf den Limbus niedergelegt und auf ihr bis zu ihrer Schneide eine ebenso zarte Linie mit demselben Linienreisser gemacht. Mit dieser Vorrichtung geschieht nun die Eintheilung auf folgende Art.

Zuerst wird die obere Alhidade *efgh* festgestellt und durch ihre Mikrometerschraube die Linie der Lamelle *op* genau auf die erste Linie des Limbus gebracht. Hierauf wird, bei unberührter oberer Alhidade, die untere Alhidade *abcd* nach der Seite gerückt, bis die Linie auf dem Silberplättchen *r* unter die Linie der Lamelle *n* zu stehen kommt; man befestigt sie dann und stellt mittelst ihrer Mikrometerschraube die Linie *n* mit der Linie *r* genau ein.

Ist dies geschehen, so wird, bei unberührter unterer Alhidade, die Hemmung der oberen Alhidade *efgh* gelöst, diese Alhidade nach der Seite gerückt, bis die Linie auf der Lamelle *n* über der Linie auf dem Silberplättchen *q* einsteht, die Alhidade alsdann wieder gehemmt und nun durch ihre Mikrometerschraube die Linie auf *n* scharf auf die Linie *q* gestellt.

So geht die Operation wechselsweise, einmal mit der untern und dann mit der obern Alhidade schrittweise auf dem Kreise fort, bis der ganze Umfang durchlaufen ist. Diese Operation durch den ganzen Umfang wird so oft wiederholt (wobei man nach jedem durch-

laufenen Umfang des Kreises die Schieber *q* und *r* auf dem Bogen *cd* nach Bedarf einander nähert oder von einander entfernt, versteht sich durch angebrachte Mikrometerschrauben), bis mit der verlangten Anzahl von Schritten der oberen Alhidade der Umfang des Kreises genau durchlaufen ist, so dass die Linie auf der Lamelle *op* die erste Linie auf dem Limbus sowohl am Anfang, als am Ende der Operation scharf schneidet. Auf solche Art wird der Kreis, ohne vorhergezeichnete Marke, in eine beliebige Anzahl gleicher Theile zu theilen sein. Mit der so aufgefundenen Eintheilung wird die Operation noch einmal, mit zurückgelegter Lamelle *op* wiederholt und bei jedem Schritte der oberen Alhidade mit dem Linienzieher und Grabstichel die Eintheilung auf dem Limbus durch eben so zarte Linien wirklich vollzogen. So ist alsdann der Kreis in seine Hauptttheile eingetheilt und zwar wählte Reichenbach die Schrittgrösse für die Alhidade so, dass sie bei 20maliger Repetition auf ihren ersten Punkt zurückkam, der Bogen *rq* also 18° betrug und die Theilung zunächst von 18° zu 18° hergestellt war. Die Unterabtheilungen werden, mit näher zusammengerückten Schiebern *q* und *r* auf dem Bogen *cd* der untern Alhidade, auf ähnliche Weise gemacht.

Später begränzte Reichenbach die Schritte der Alhidade, anstatt *n* auf respective *r* und *q* durch Visiren im Mikroskope einzustellen, durch zusammengesetzte Fühlhebel, welche an Stelle der Linien auf den Schiebern *q* und *r* angebracht wurden.

Die Vollkommenheit der Eintheilung, welche Reichenbach schliesslich erreichte, wird von ihm dahin angegeben, dass auf den mit seiner Maschine getheilten Kreisen kein Theilstrich um eine Viertel-Secunde fehlerhaft sei.

Oertling's Theilungsmethode.

Oertling wendete folgende Einrichtung zur Herstellung der Originaltheilung an In *Fig. 17* ist *A* der Kreis, auf welchem die Theilung gemacht werden soll. Das Ausziehen der Theilstriche geschieht durch das feststehende Reisswerk *K*; über dem Stichel desselben ist ein

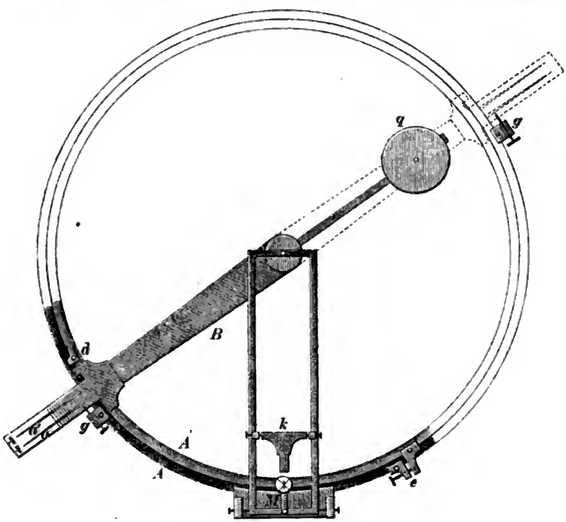


Fig. 17.

Mikroskop aufgestellt, durch welches der mit dem Stichel gezogene Strich deutlich gesehen wird, sobald der Stichel zurückgezogen ist.

B ist eine genau um den Mittelpunkt des Kreises *A* drehbare Alhidade. An dem einen Ende derselben sind zwei aufrecht stehende Fühlhebel *a* und *a'* befindlich, an dem andern Ende ist dieselbe mit einem Gegengewichte *q* versehen. Der lange Arm jedes Fühlhebels spielt gegen eine sehr fein eingetheilte Scale und wird mittelst einer Loupe abgelesen. Die Alhidade mit den Fühlhebeln kann vermittelst einer Klemmung und Feinschraube *d* an jeder beliebigen Stelle der Peripherie des Kreises *A* befestigt und auf das Genaueste bis zu einer gewissen Gränze geführt werden. Eine zweite Klemmung mit Feinschraube *e* dient dazu, den Kreis *A* mit dem darunter liegenden concentrischen Kreise *A'* zu verbinden und die Kreise gegeneinander fein zu verstellen.

Zwei an dem untern Kreise *A'* befestigte und daran versetzbare Ständer *g* und *g'* dienen als Anschlâge gegen die Fühlhebel. Die Anschläge werden durch feine abgerundete Stahlspitzen gebildet, welche nahe über der Axe des Fühlhebels denselben treffen. Die Spitzen sind durch Mikrometer verstellbar; der Kopf des Mikrometers ist in 100 Theile getheilt, die noch mittelst Nonius nach $\frac{1}{10}$ abgelesen werden können. Da die Anschläge *g* und *g'* an jeder beliebigen Stelle der Peripherie des untern Kreises *A'* befestigt werden können, so kann auch der Alhidade *B* jeder beliebige Spielraum bis zu 180" und darüber gegeben werden. Ist z. B. in der Figur der Abstand von *g* bis *g'*, von den Spitzen der Anschläge aus gemessen, so gross, als ein Bogen von 180 Graden + der Breite, den die Alhidade mit den beiden Fühlhebeln einnimmt, so wird die Alhidade, wenn sie von dem Anschlage *g* bis zu dem Anschlage *g'* geführt würde, genau einen Bogen von 180 Graden durchlaufen.

Die Methode der Eintheilung mit diesen Vorrichtungen ist nun folgende. Die Eintheilung, welche dem Kreise gegeben werden soll, sei nach Minuten, so muss die Peripherie in $360 \cdot 60 = 21600$ gleiche Theile getheilt werden. Beschränkt man sich zunächst auf die Theilung nach Graden, so findet man durch Zerlegung der Zahl 360 in ihre Faktoren die Theile, in welche die Peripherie nacheinander getheilt werden muss; diese Faktoren sind: $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5$. Durch successive 3malige Halbirung, 2malige Dreitheilung und 1malige Fünftheilung werden sich also 360 gleiche Theile ergeben.

Die erste Halbirung der ganzen Peripherie geschieht auf folgende Weise. Nachdem der Kreis *A* gegen den unteren feststehenden *A'* vermittelst der Klemmung *e* festgestellt ist, wird an einer beliebigen Stelle der Peripherie des Kreises *A* auf dem eingelegten Silberstreifen mit dem Stichel *k* eine möglichst feine gerade Linie nach der Richtung des Radius gezogen. Ein Mikroskop, welches im Oculare mit einem feinen Fadenkreuze versehen ist, wird an *A'* so befestigt, dass die gezogene Linie genau von dem Durchschnitt des Fadenkreuzes gedeckt erscheint.

Um nun diejenige Linie zu finden, welche dieser zuerst willkührlich gezogenen genau diametral liegt, wird folgendermaassen verfahren.

Die beiden Anschläge *g* und *g'* werden annähernd diametral befestigt, wie in der Figur angedeutet ist. Die Alhidade *B*, welche für sich allein drehbar ist, wird mit ihrem Fühlhebel *a* gegen den Anschlag *g* geführt, mit dem Kreise mittelst der Klemmung *d* fest verbunden und vermittelst deren Feinstellung wird der Fühlhebel *a* auf seinen Nullpunkt gestellt.

Nachdem so die Alhidade *B* mit dem Kreise *A* ein Ganzes vorstellt, wird die Klemmung *e* gelüftet. Der frei gewordene Kreis wird nun so weit gedreht, bis der Fühlhebel *a'* gegen den Anschlag *g'* trifft; die Klemmung *e* wird wieder fest angezogen, verbindet wieder beide Kreise, und mit der daran befindlichen Feinschraube wird dann der Kreis *A* mit der noch befestigten Alhidade *B* so weit geführt, bis der Fühlhebel *a'* auf seinem Nullpunkte steht. Durch diese Manipulation ist der Kreis *A* so viel um seine Axe gedreht worden, als der Spielraum zwischen *g* und *g'* beträgt, und da dieser nahe 180° ist, so wird der zuerst gezogene Strich ebenfalls um nahe 180° von seiner ersten Lage entfernt sein. Lässt man nun die gegenwärtigen Stellungen aller Theile unverändert, mit Ausnahme der Alhidade, welche gelöst und auf ihre erste Stellung für sich allein zurückgeführt wird, so dass der Fühlhebel *a* wieder auf seinen Nullpunkt kommt, so wird, wenn Kreis und Alhidade zusammen-

bleiben und so wie das erste Mal wieder so weit geführt werden, dass der Fühlhebel *a'* auf seinen Nullpunkt kommt, der Kreis *A* zum zweiten Male einen Raum durchlaufen, der dem ersten gleich ist, und der erste Theilstrich wird wieder in die Nähe seiner ersten Lage kommen, sobald der Spielraum zwischen beiden Anschlägen nur annähernd 180° war. Um so viel nun als der Spielraum zu gross oder zu klein war, wird vermittelst des Mikrometers an *g* oder *g'* eine der Anschlagspitzen um die halbe gefundene Differenz verstellt. Die erste Manipulation wird wiederholt und so lange mit der Berichtigung der Anschläge fortgefahren, bis nach zweimaligem Fortschreiten der Theilstrich immer auf das Genaueste wieder unter dem Mikroskope einsteht. Hat man die Ueberzeugung gewonnen, dass der Spielraum genau 180° beträgt, so wird nach dem ersten Umlegen, sobald der erste Theilstrich von seiner ursprünglichen Lage um 180° entfernt ist, mit dem Stichel der zweite Theilstrich gezogen. Wiederholte Prüfungen müssen die Richtigkeit der Lage bestätigen. Ein zweites Mikroskop *m'*, über dem zweiten Theilstrich aufgestellt, soll von dem ersten um 180° entfernt sein; so oft nun einer der Theilstriche unter dem einen Mikroskope einsteht, muss der andere Theilstrich genau das Fadenkreuz des andern Mikroskopes schneiden. Bestehen beide Theilstriche diese Prüfung auf das Vollkommenste, so wird man mit Hülfe der beiden Mikroskope und Anschläge, sobald diese um 90° anstatt um 180° von einander entfernt befestigt werden, den Bogen von 180° wieder auf dieselbe Weise halbiren können, nur mit dem Unterschiede, dass nicht der erste Strich allein zum Einstehen kommen darf, sondern für die erste Hälfte der Peripherie der zuerst gezogene und der ihm gegenüberliegend gefundene, für die zweite Hälfte der Peripherie aber wieder dieser und der zuerst gezogene Strich. Man erhält durch diese Halbirungen die Bogen von 90°, und wenn diese wieder halbirt wurden, ist der Kreis in 8 gleiche Theile getheilt. Es kann ferner jeder dieser acht Theile wiederum in 3 Theile auf dieselbe Weise eingetheilt werden, wenn der Spielraum auf $\frac{1}{24}$ der Peripherie verkleinert wird. Bei jeder dritten Repetition muss dann immer einer der vorhandenen acht Theilstriche unter dem Mikroskop zum Einstellen kommen. Fährt man so fort, indem jeder der 24 sich ergebenden Theile wieder in 3 und jeder der dadurch entstandenen 72 wieder in 5 Theile getheilt wird, so erhält man 360 gleiche Theile oder die einzelnen Grade. Ebenso würde man auf einzelne Minuten kommen, wenn ferner nach den Faktoren von $60 = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5$ jede erhaltene Theilung wieder zerlegt würde.

Bis zu dieser Gränze setzte indessen Oertling die Theilung nicht nach der angegebenen Methode fort, sondern nur bis zu halben Graden. Diese Theilung benutzte er, um danach eine Schraube zu schneiden, deren Gangweite so gewählt wurde, dass 3 Umdrehungen der Schraube einem halben Grade entsprachen. Die Schraube erhielt einen Kopf, der in 120 Theile getheilt war, so dass 360 Theile des eingetheilten Kopfes 30 Minuten des Kreises gleichbedeutend waren. Der Kreis *A* wurde an seinem Umfange mit einer der erwähnten Schraube genau entsprechenden Verzahnung versehen, und die Schraube als Schraube ohne Ende zur Drehung des Kreises benutzt, wobei an der Theilung des Kopfes der Schraube der Betrag der Drehung mikrometrisch bestimmt war. Man sieht, dass hierdurch eine fernere Eintheilung des Kreises auf Minuten ermöglicht wurde, denn wäre die Schraube vollkommen genau gewesen, so hätte der Kreis zu seiner Eintheilung auf Minuten um 12 Theile des Schraubenkopfes verschoben werden müssen. Eine absolute Genauigkeit lässt sich der Schraube nicht geben, Oertling gab ihr aber eine Correctionseinrichtung, durch welche die kleinen Ungenauigkeiten ausgeglichen werden.

Die Oertling'sche Theilmaschine könnte natürlich benutzt werden, um nach dem Ablesungsverfahren zu theilen, indem man den zu theilenden Kreis auf dem Originalkreise concentrisch befestigte und den letztern unter den Mikroskopen hinweg von Theilstrich zu Theilstrich drehte. Dies mühsame Theilungsverfahren braucht aber nicht in Anwendung zu kommen, da die Führung des Kreises durch die Schraube ohne Ende, sobald der Werth der Gangweite an der letzteren festgestellt ist, ein rein mechanisches Theilen gestattet. Dies Verfahren ist daher der wesentliche Vorzug der Oertling'schen Theilmaschine, welche ausserdem noch durch einen sinnreichen Betriebsapparat von Oertling zu einer selbstthätigen Theilmaschine gemacht wurde.

Einfache Kreistheilvorrichtungen.

Für wissenschaftliche Zwecke ist die Anwendung der Kreistheilung nach 360 Graden u. s. w. fast allein vorkommend und wird man sich, wo es sich darum handelt, einen gegebenen Kreis in einer Zeichnung od. dergl. zu theilen, des gewöhnlichen Zeichnenhülfsmittels, des Transporteurs, bedienen können.

Ein zweckmässig construirter Transporteur, der sowohl zum Uebertragen der Theilung auf Papier u. s. w. als zum Abmessen gezeichneter Winkel dient, ist der von TROUGHTON verfertigte, in *Fig. 18* abgebildete. Der Theilkreis *A* von 400^{mm} Durchmesser ist bis auf halbe Grade getheilt und erlaubt mittelst der Verniere *V* und *V'* eine Ablesung bis auf einzelne Minuten. Die Alhidade *BB'* ist um das Centrum *C* drehbar, welches auf einer in einem Ringe eingelassenen Glastafel durch einen Kreuzschnitt bezeichnet wird. Von der Alhidade können nach beiden Seiten Gelenke herausgeschlagen werden, die alsdann die an ihren Enden befindlichen genau diametral gegenüberliegenden feinen Spitzen *SS'* nach unten kehren. Die Alhidade wird vermittelst des Triebes *T* an dem Umfange des verzahnten Kreises herumgedreht. Der Gebrauch des Instrumentes für die oben erwähnten Zwecke bedarf kaum der Auseinandersetzung, wenn man in Betracht zieht, dass, nachdem der Transporteur mit seinem Mittelpunkte über den Mittelpunkt des zu theilenden Kreises gelegt ist, die Stellung der Linie *SS'* an dem Transporteur und dem zu theilenden Kreise die Richtung desselben Durchmessers angiebt.

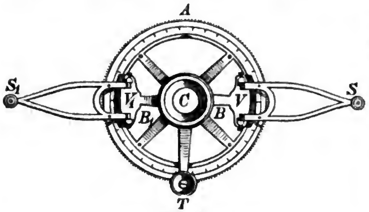


Fig. 18.

Die Aufgabe, einen Kreis in eine willkührliche Zahl, z. B. *n* gleicher Theile zu theilen, wird, wo es nicht auf grosse Genauigkeit ankommt, dadurch gelöst, dass man durch Probiren mit dem Stangenzirkel *n* gleiche Sehnen absteckt. Ein von BALFOUR angegebenes Instrument erleichtert dies Ausprobiren. Es besteht aus einer Scheibe *S* in *Fig. 19*, an deren Umfang 10 in Spitzen auslaufende Zähne in gleichen Entfernungen angebracht sind; ein Zahn hat eine doppelte Spitze. Die Scheibe sitzt in einer Gabel, die das Axenlager trägt und ist an eine Hülse über den Stangenzirkel gesteckt. Schlägt man mit dem Stangenzirkel einen Kreis, so dass die Scheibe auf dem Umfange des Kreises abrollt, so wird dieser durch Punkte markirt, deren 10ter doppelt erscheint wie *ab*. Es kommt nun darauf an, der Scheibe eine solche Entfernung vom Centrum zu geben, dass der letzte Punkt mit dem ersten zusammenfällt und die Zahl aller Punkte durch *n* theilbar ist, was sich durch Verschiebung der Hülse immer erreichen lässt.

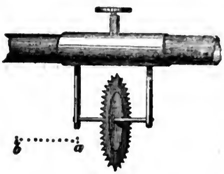


Fig. 19.

In der praktischen Mechanik kommt die Aufgabe einer willkührlichen Theilung des Kreises oft vor, z. B. bei der Herstellung einer Radverzahnung mit bestimmter Zahl von Zähnen. Am häufigsten dient zur Ausführung dieser Operation die an den Drehbänken angebrachte Theilscheibe; über diese, sowie über einige andere Hülfsmittel, giebt die nachfolgende Literatur einige Nachweise.

Literatur zu §§. 175, 176.

Theilen von Längen-Maassen, Theilmaschine.

MUNCKE Art. Theilbarkeit in Gehl. n. ph. W. X. 716*.
KATER *an account of the comparison of various British Standards. Phil. Trans.* 1821. 75.
J. RAMSDEN 1735—1800) *Description of an instrument for dividing lines.* London 1779. 4.

GIRGENSOHN's Theilmaschine s. KUPFFER *travaux de la commission etc.* Vol. II. 347* pl. X et XI. (1841.)

PERREAUX *Sur une machine à diviser en parties égales la ligne droite et la ligne circulaire. Bull. de la soc. d'encour.* 1847. 113*. pl. 1020*. (Die P.'sche kleinere Theilmaschine, deren Mikrometerschraube 0,5 bis 0,6 Meter Länge hat und deren Umgänge sehr genau 0,5^{mm} Höhe haben, ist ein sehr bequemer Apparat, um sich die bei Versuchen erforderlichen Maasse auf Papier, Holz u. s. w. mit Leichtigkeit und Genauigkeit selbst zu verfertigen). *C. R.* XXVIII. 529*; *Inst.* Nr. 805. p. 178.

(Eine grössere von PERREAUX construirte Theilmaschine hat eine Schraube von 1,2 Meter Länge und 0,5^{mm} Ganghöhe, sie ist ebenso wie die kleinere Maschine mit einem sinnreichen Mechanismus verbunden, um einen zu theilenden Grad in beliebig viele Theile zu zerlegen.

C. LANDSBERG Beschreibung einer von BREITHAUPT in Cassel construirten Längentheilmaschine. Mittheil. des Hann. Gew. Ver. 1854. S. 222*; Centr. Bl. 1855. S. 193*. (Vermittelst dieser Maschine ist bis auf $^{6}/_{1000}$ Millimeter zu theilen.)

Ueber die in vielen renommirten Werkstätten gebrauchten Längen-Theilmaschinen, die nach den damit getheilten Maassen vorzüglicher Construction sein müssen, ist selten eine Beschreibung veröffentlicht worden, z. B. über die Maschinen von BAUMANN in Stuttgart, MEIERSTEIN in Göttingen u. v. A.

Ueber feine Längenabtheilungen zur Herstellung von Gittern oder Glasmikrometern. s. u. Literatur zu §. 177.

Einfache Längentheilungsvorrichtungen.

J. SWINDEN *Machine for dividing straight lines and circles. Mech. Mag.* XIV. 185* (1831) Mag. d. n. E. N. F. Bd. IV Hft. 6, S. 17.

GUENET *Description de machines à graduer des échelles, faire des hachures, copier des systèmes de lignes etc. Bull. de la soc. d'encour.* 1844 p. 6*. pl. 915*; Dingl. p. J. XCI. 414*.

G. v. GÖHL Eine Längentheilmaschine, Beitrag zur Lösung des Problems, von einer constanten Kreistheilung beliebige Längen und beliebig viele gleiche Theile zu theilen. Bair. K. u. Gew. Bl. 1861. 341*; Mitth. d. Hann. Geom. Ver. 1861. 203.

Kreistheilung, Kreistheilmaschine.

HOOKE (1635—1703) *Dividing engine with a screw;* in den *Lectures animadv. ad Hevelium.*

PASSEMENT Theilung des Quadranten. *Machines et inventions appr. per l'Ac. de Paris.* 1742. Vol. VII. p. 341.

T. MAYER *Nova methodus perficiendi instrumenta geometrica et novum instrumentum goniometricum.* Comm. Gotting. II. 325* (1752).

BIRD *The method of dividing astronomical instruments.* London 1764. 4.

BIRD's *method of constructing mural quadrants.* London 1768.

LUDLAM *On* BIRD's *method of dividing.* London 1786. 4.

DUC DE CHAULNES (1714—1789) *Obs. sur une plate-forme à diviser les instruments de mathématique. Hist. de l'Ac.* 1765. H. 140.

DUC DE CHAULNES *Art pour diviser les instrumens de mathématique. Hist. de l'Ac.* 1768. H. 127.

DUC DE CHAULNES Anweisung, mathematische und astronomische Instrumente abzutheilen; übers. von HALLE. Berlin 1788; Orgin. Paris 1768. Fol.

CASTILLON Ueber die von BIRD und vom DUC DE CHAULNES angewendeten Theilungsmethoden. *Mém. de l'Ac. de Berlin.* 1780. p. 310 u. 333*.

PATTIER Theilungsinstrumente. *Hist. de l'Ac. de Paris.* 1771.

JESSE RAMSDEN *Description of an engine for dividing mathematical instruments.* London 1777; s. a. ROZIER Obs. d. ph. 1773. I. 147* und WOLLASTON in *Quarterly Journ. of sc. and the arts.* XII. 381* (1822).

J. SMEATON *Observations on the graduation of astronomical instruments, with an explanation of the method invented by the late Mr.* HENRY HINDLAY *of York to divide circles into any given number of parts. Phil. Trans.* 1786. p. 1.

H. J. G. GEISLER Ueber die Bemühung der Gelehrten und Künstler, math. und astronomische Instrumente einzutheilen. Dresden 1792.

ED. TROUGHTON *An account of a method of dividing astronomical and other instruments by ocular inspection, in which the usual tools for graduating are not employed; Phil. Trans.* 1809. I. p. 104*.

PISTOR Erklärung an das astronomische Publikum, eine in Berlin gebaute Theilmaschine für Kreise betreffend. Berlin 1819. 8.

H. Cavendish On *an improvement in the manner of dividing astronomical instruments. Phil. Trans.* 1809. II. p. 221 *.

H. Kater *Improved method of dividing astronomical circles and other instruments. Phil. Trans.* 1814. p. 419 *

Pistor Nachricht über eine in Berlin erbaute Theilmaschine für Kreise, nebst einer Vergleichung ihrer Theilung mit den neuerdings bekannt gewordenen Resultaten einer von dem *Board of Longitudes* zu London angestellten Untersuchung über die vor einigen Jahren erbaute neue Theilmaschine von Allan. Berlin 1820. 8.

Reichenbach (1772—1826) Kreiseintheilungs-Methode. Gilb. Ann. LXVIII. 50 * (1821); Dingl. p. J. VI. 129.

Behrnauer Ueber Kreis-Eintheilungs-Methoden und Theilungs-Maschinen. Gilb. Ann. LXVIII. 417 *.

L. G. Treviranus Beschreibung einer Methode, mittelst zweier Alhidaden und mikroskopischer Hülfe den Kreis einer Theilmaschine zum Behufe der Theilung mathematischer Instrumente einzutheilen. Gilb. Ann. LXIX. 307 * (1821); Dingl. p. J. VII. 163.

Fraunhofer's (1787—1826) Eintheilungsmaschine. Dingl. p. J. XIII. 78. (1823).

A. Ross *Method of dividing astronomical and mathematical instruments and description of a circular dividing machine. Trans. of the soc. f. the encour. of arts.* XLVIII. 302 * (1831) mit Abb. Pl. I—III; Dingl. p. J. XLVI. 225.

Notiz über Kreistheilmaschinen von Hohnbaum in Hannover, Repsold in Hamburg. Schum. astron. Nachr. X. 307 *. (1832.) (Eine Beschreibung dieser nach ihren Leistungen vorzüglichen Theilmaschinen ist nicht veröffentlicht worden.)

Jürgensen Kreistheilmaschinen. Hessel's Jahrb. 1844. p. 573.

F. A. Nobert Ueber Kreistheilung im Allgemeinen und über einige, bei einer Kreistheilmaschine angewendete,,Verfahren zur Erzielung einer grossen Vollkommenheit der Theilung derselben. Nebst einem Gutachten des Herrn Oertling. Verh. des Ver. zur Bef. d. Gewfl. Jahrg. 24. S. 202 * (1845).

Description of an automatic dividing machine arranged for use by Joseph Saxton *and constructed by* William Wurdeman. *Mech. Mag.* XLV. 601 * (1846). *Frankl. Journ.* 1846. Oct.

A. Oertling Beschreibung einer auf Veranlassung des Königl. Finanzministerii in den Jahren 1840 und 41 erbauten und in den beiden folgenden Jahren in ihrer Ajustirung vollendeten Kreistheilmaschine. Verh. des Ver. z. Bef. des Gewfl. Jahrg. 29. S. 133 * mit Abb. auf Taf. VI—XV und XV a * (1850).

Einfache Vorrichtungen zur Kreistheilung; Kreistheilung für praktische Zwecke: Verzahnung von Rädern etc. etc.

Schubarth Repert. d. techn. Literatur. Berlin 1856. 8. Literatur: Räder-, Theil- und Schneidemaschinen S. 705 *; Theilmaschine und Theilscheibe S. 881 *.

Ueber Theilung eines Bogens in beliebige Theile. Dingl. p. J. XXIV. 25. (1825).

Wohlfeile und einfache Theilmaschine. Dingl. p. J. XXXVI. 323. (1828).

Rotch Ueber einen Bogenbeschreiber oder über ein Instrument, um Bogen von sehr grossen Kreisen zu zeichnen oder zu messen. Dingl. p. J. VIII. 152 (1821).

Balfour *Instrument for dividing circles on paper. Mech. Mag.* n. s. III. 55 * (1860); *Cir. eng.* 1860. p. 70.

Castille Beschreibung eines Apparates zum Schneiden der Uhrräder etc. etc. Dingl. p. J. XV. 394.

R. Hynam *Dividing instrument. Mech. Mag.* 1837. XXVII. 97 *.

Martin *procédé pour diviser les cercles en parties égales. Bull. de la soc. d'encour.* 1838. p. 114 *.

Wolff Eine neue Methode der Theilung. Nebst einem Nachtrage von Herrn Schauer. Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewfl. 1839. S. 171 *.

Beschreibung einer in der Metallwerkstätte des Fabrikencommissarius Herrn Hoffmann in Breslau in Gebrauch stehenden Räderschneidemaschine. Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewfl. 1839. S. 141 *.

Decoster *Description d'une machine nommée „diviseur universel" propre à diviser, percer et tailler les cercles et lignes droites. Bull. de la soc. d'encour.* 1845. p. 12 * mit Abb. pl. 944 *; Dingl. p. J. XCVI. 93 *.

C. F. Schneitler Verfahren um die Theilung der Kreisränder von Winkelmessern und der Nonien auf eine einfache Art herzustellen. Dingl. p. J. CVIII. 337 * (1848) (Anwendung der Daguerreotypie).

§. 177. Bestimmung der Fehler einer Theilung.

Jeder Maassstab, jede Theilung eines Längenmaassstabes oder Kreises wird mit gewissen Fehlern behaftet sein, sowohl weil schon das Original nicht absolut richtig sein wird, sondern nur bis zu den Gränzen, welche die im Vorigen beschriebenen Hülfsmittel erlauben, besonders aber weil bei der Uebertragung des Maasses von den Normalen verschiedene Umstände zu Fehlern in der Copie Veranlassung geben. Es ist daher wichtig, an den vom Mechaniker hergestellten Maassen und Theilungen die zufälligen Fehler der Theilung bestimmen und somit aus den scheinbaren, durch die fehlerhaften Maasse bestimmten Werthen die wahren Werthe durch Rechnung feststellen zu können.

Die zur Bestimmung der Fehler in Vorschlag gebrachten Hülfsmittel sind nach der Natur der Maasse verschieden. Bei geradlinigen Theilungen kommen sie darauf hinaus zu untersuchen, ob eine geradlinige Verschiebung des Maasses von Theilstrich zu Theilstrich durch vollkommen dieselbe Zahl von Umgängen einer Mikrometerschraube bewirkt wird, wozu also zuerst die Genauigkeit der Mikrometerschraube festgestellt sein muss. Diese aber findet man, indem ein von der Mikrometerschraube geführter Schlitten, auf welchem senkrecht zur Richtung der Bewegung zwei feine, durch ein Mikroskop zu beobachtende Striche angebracht sind, zu seiner Führung von einem Strich zum andern stets dieselbe Zahl von Umdrehungen der Schraube geben muss, von welchem Punkte der Schraube aus man auch die Bewegung beginnen lässt.

Eine als vollkommen gut befundene Mikrometerschraube vorausgesetzt, wird dieselbe auch zu verwenden sein, um eine durch dieselbe zu führende Kreistheilung durchzumessen.

Bei Kreistheilungen, welche durch den ganzen Kreis ausgeführt sind, kommen nur die Fehler der Theilung in Betracht. Bei geradlinigen Maassen aber und bei Bogen von Kreisen werden auch noch die absoluten Grössen untersucht werden müssen. Ersteres wird durch Comparateure der verschiedenen Art zu bewirken sein; Letzteres dadurch, dass man die Theilung des Instruments zu einer wiederholten Winkelmessung in einer Ebene benutzt und untersucht, ob man, von einem Punkte ausgehend und im Kreise zu ihm zurückkehrend, genau 360° erhält.

Die Abweichungen sowohl von den absoluten Grössen als von der Gleichheit der Theile untereinander werden sich immer nach Umgängen einer Mikrometerschraube ausdrücken lassen. Es handelt sich sodann für die mittelst der getheilten Instrumente ausgeführten Messungen noch darum, die gefundenen Fehler der absoluten Länge und der Theilung in Rechnung zu setzen.

Der jüngere Troughton gab bei Gelegenheit der Beschreibung seines Kreiseintheilungsverfahrens die Grundsätze an, wie aus den scheinbaren Fehlern einer Theilung, d. h. aus denen, welche bei der Durchmessung der Theilung mittelst der Mikrometerschraube sich ergeben, die wirklichen Fehler eines Theilstriches gefunden werden können. Er beschränkte sich aber, nur diejenigen Theilpunkte in Betracht zu ziehen, welche in der Halbirung anderer liegen sollten. Eine einfache, für jede Art der Theilung anwendbare Berechnungsmethode wurde von Th. Baumann folgendermaassen angegeben.

Nehmen wir an, es seien die Fehler für den Anfangs- und Endpunkt eines Intervalles der Theilung von A bis B mit resp. x und y gefunden, so können wir uns denken, dass der Fehler x des Punktes A sich über das ganze Intervall, regelmässig abnehmend, verbreitet und in B mit o endet, so zwar, dass, wenn AB in n gleiche Theile Aa, ab, bc .... pq, qr und rB getheilt wäre, bei a der Fehler $= \frac{n-1}{n}x$, bei $b = \frac{n-2}{n}x$, bei $r = \frac{1}{n}x$ und in $B = \frac{n-n}{n}x = 0$ sein muss. Ebenso muss der Fehler y des Punktes B für jeden der n Theile in Rechnung gebracht werden und es erhalten

$$\begin{array}{llllll} \text{die Punkte:} & r & q & \ldots\; a & \text{und} & A \\ \text{die Fehler:} & \frac{n-1}{n}y, & \frac{n-2}{n}y & \ldots\; \frac{1}{n}y & \text{und} & \frac{n-n}{n}y = 0. \end{array}$$

Demnach würden, vorausgesetzt, dass sämmtliche Theile **wirklich gleich gross wären**, die Fehler sein

$$\begin{array}{lll} \text{für} & A = & x \\ ,, & a = & \frac{n-1}{n}x + \frac{1}{n}y \\ ,, & b = & \frac{n-2}{n}x + \frac{2}{n}y \\ \cdot & \cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\ ,, & q = & \frac{2}{n}x + \frac{n-2}{n}y \\ ,, & r = & \frac{1}{n}x + \frac{n-1}{n}y \\ ,, & B = & y. \end{array}$$

Aber diese Theile werden nie absolut gleich sein, sondern die Beobachtung wird lehren, dass sie mehr oder weniger von dem aus denselben abzuleitenden **mittleren Werthe** eines Intervalles abweichen, und haben wir dadurch die **scheinbaren Fehler** der Theilstriche mit α, β, ... $\varphi\,\psi$ gefunden, so werden nun die **wirklichen Fehler** derselben sein

$$\begin{array}{lll} \text{für} & A = & x \\ ,, & a = & \alpha + \frac{n-1}{n}x + \frac{1}{n}y \\ ,, & b = & \beta + \frac{n-2}{n}x + \frac{2}{n}y \\ \cdot & \cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\ ,, & q = & \varphi + \frac{2}{n}x + \frac{n-2}{n}y \\ ,, & r = & \psi + \frac{1}{n}x + \frac{n-1}{n}y \\ ,, & B = & y. \end{array}$$

Beispielsweise sei das Intervall AB in $n = 5$ Theile getheilt, für A und B seien die Fehler von resp. $+20$ und -30, ausgedrückt in den kleinsten Mikrometertheilen, gefunden. Man hätte nun für die aufeinander folgenden Punkte mittelst der Schraube gefunden:

von A	bis 1	...	3,285	Umdrehungen,
„ 1	„ 2		3,390	„
„ 2	„ 3		3,355	„
„ 3	„ 4		3,265	„
„ 4	„ B		3,310	„

so ist der scheinbare Fehler

$$\left.\begin{array}{ll} \text{für } 1 \ldots\ldots & -42 \\ \text{„ } 2 \ldots\ldots & +63 \\ \text{„ } 3 \ldots\ldots & +28 \\ \text{„ } 4 \ldots\ldots & -32 \\ \text{„ } B \ldots\ldots & -17 \end{array}\right\} \text{welche Fehler als fortlaufend summirt geben:} \left\{\begin{array}{r} -42 \\ +21 \\ +49 \\ +17 \\ 0. \end{array}\right.$$

Aus diesen scheinbaren Fehlern findet man die wirklichen nach obigen Formeln:

$$\begin{array}{rcrcl} A & = & +20 & & = +20 \\ 1 & = & -42 + 16 - & 6 & = -32 \\ 2 & = & +21 + 12 - & 12 & = +21 \\ 3 & = & +49 + 8 - & 18 & = +39 \\ 4 & = & +17 + 4 - & 24 & = -3 \\ B & = & 0 - 0 - & 30 & = -30. \end{array}$$

Man wird in der Regel den Nullpunkt einer Theilung als richtig liegend ansehen und zuerst, bei nicht geschlossener Theilung, also einer Länge oder einem Bogen das ganze Intervall von 0 bis zu Ende genau prüfen, bei geschlossener Kreistheilung die Richtigkeit der Halbirung von 0 bis 180°. In solchen Fällen würde mithin $x = 0$ und die Ausdrücke zur Berechnung der wirklichen Fehler reducirten sich auf zwei Glieder von der Form $\varrho + \frac{n}{m} y$.

Die Durchmessung einer ganzen Theilung mit zahlreichen Unterabtheilungen erfordert einen grossen Zeitaufwand. Es kann die Arbeit aber erheblich vereinfacht werden, wenn, wie es nach der Art der Verfertigung von Theilungen in den meisten Fällen eintreten wird, eine Periodicität in den Fehlern besteht. Erfolgt nämlich die Führung des Reisswerkes durch eine Mikrometerschraube, deren Umdrehungen, wie dies bei der mechanischen Eintheilung die Regel ist, die Stelle der Theilstriche bestimmen, so wird ein periodischer Fehler in der Beschaffenheit der Schraubenwindung auch eine Periode in den Fehlern der Theilung veranlassen. Aus der Beobachtung einer Periode des Theilungsfehlers auf einem ausgedehnteren Maasse lässt sich dann mittelst der allgemeinen von Bessel gegebenen Anleitung, das Gesetz einer periodischen Erscheinung zu bestimmen, der Fehler auf der ganzen Ausdehnung des Maasses bestimmen (s. die Literatur Bessel, Hansen u. A.).

G. Shuckburgh (1751—1804) *An account of the equatoreal instrument. Phil. Trans.* 1793. p. 67 * (enthält von p. 93 an die Methode zur Prüfung der Fehler einer Kreistheilung).
E. Troughton in der angef. Abh. *Phil. Trans.* 1809 von p. 122 * an.
W. Lax *On a method of examining the divisions of astronomical instruments. Phil. Trans.* 1809. II. p. 232 *
Bessel (1784—1846) Ueber die Bestimmung des Gesetzes einer periodischen Entfernung. Schum. astron. Nachr. VI. 333 * (1828).

Knorre Ueber den Vortheil, welcher durch das Ablesen an mehreren Punkten der Theilung erlangt wird. Schum. astron. Nachr. XII. 213 * (1835).

Th. Baumann Ueber die Anfertigung guter Mikrometerschrauben. Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewfl. 1839 S. 66 * (Periodische Fehler der Mikrometerschrauben). s. a. Oertling a. a. O in der Beschreibung seiner Theilmaschine und Art. Graduation in der *Edinburgh Encyclop.* p. 360.

Hansen Beschreibung der Einrichtungen, welche am Meridiankreise der Seeberger Sternwarte angebracht worden sind, um grössere Genauigkeit in der Beobachtung der Vertikalwinkel zu Wege zu bringen. Schum. astr. Nachr. XVII. 49 * (1840) (Bestimmung periodischer Fehler einer Kreistheilung).

Bessel Erste Leistung eines, auf der Königsberger Sternwarte befindlichen Repsold'schen Meridiankreises. Schum. astr. Nachr. XXI. 1 * (1844).

Th. Baumann Methode die Fehler einer Theilung zu ermitteln. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. V. 214 * (1861).

§. 178. Mikrometer.

Jede Vorrichtung, das Maass für kleine Entfernungen zu finden, ist ein Mikrometer. In diesem Sinne ist daher schon in dem Vorhergehenden von verschiedenen Mikrometern die Rede gewesen, welche dann auch direct zur Ausmessung eines Objectes anstatt zur Herstellung oder zur Prüfung eines Maasses benutzt werden können.

Das Mikrometer als Messwerkzeug zur Bestimmung der Grösse oder der Distanz von Objecten findet seinen vorzüglichsten Gebrauch in der Verbindung mit dem Fernrohre und dem Mikroskope, um entweder unmittelbar die Grösse eines Gegenstandes (Objectivmikrometer), oder die seines optischen Bildes (Ocularmikrometer) zu messen.

Die mannigfaltigen Constructionen der Mikrometer für Fernröhre und Mikroskope werden zwar, da die vollständige Theorie der Messung nur zugleich mit der Theorie jener optischen Werkzeuge abgehandelt werden kann, in der Optik mitzutheilen sein. Indessen hängt die Herstellung und der Gebrauch der Mikrometer auch wiederum so eng mit den bisher betrachteten Messungs- und Theilungseinrichtungen zusammen, dass wenigstens eine Uebersicht der wichtigsten Mikrometer für Fernröhre und Mikroskope hier schon folgt.

Bei Fernröhren sowohl wie bei den zusammengesetzten Mikroskopen wird das mikrometrische Messen dadurch möglich, dass sich die Sehrichtung für das Auge, durch welche die Lage eines Punktes des zu messenden Objectes bestimmt wird, mit grosser Genauigkeit feststellen lässt. Ist nämlich *BCDE* in *Fig. 20* das Ocular eines Mikroskopes oder Fernrohres, so liegt das optische Bild des Gegenstandes, welchen wir betrachten, in einer gewissen Entfernung, etwa bei *ab* hinter der vorderen Linse *L*. Alle von der Ebene *ab* herkommenden Lichtstrahlen sehen wir mit gleicher Deutlichkeit, wir können

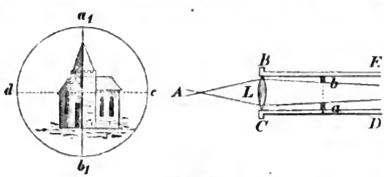


Fig. 20.

also in der Ebene *ab* an dem Instrumente feine Marken anbringen, welche, durch einzelne Punkte des in derselben Ebene befindlichen optischen

Bildes hindurchgehend, die Lage derselben in Beziehung zur Lage des Instrumentes bezeichnen, indem entweder bei der Bewegung des Instrumentes oder bei Bewegung des äussern Objectes, welche eine Bewegung seines optischen Bildes zur Folge hat, stets andere Punkte des Bildes durch die feinen in ab befestigten Marken hindurchgehen müssen. Die Ebene ab, auf welcher das optische Bild entsteht, ist das Gesichtsfeld, welches eine kreisförmige Begränzung dadurch erhält, dass eine kreisförmige metallische Platte mit einer concentrischen Durchbohrung von dem beabsichtigten Durchmesser ab des Gesichtsfeldes an der Stelle des optischen Bildes in das Instrument gesetzt ist. Mit der Fläche dieser Platte, dem Diaphragma, zusammenfallend, können dann Marken in verschiedener Weise angebracht werden, z. B. wäre ein feiner Faden $a_1 b_1$ als Durchmesser der kreisförmigen Oeffnung des Diaphragmas auszuspannen, der als Zeichen dafür dient, dass eine Linie des Bildes eines äussern Gegenstandes, etwa die Längsaxe eines Thurmes in der Sehrichtung genau mit dem Faden übereinstimmt. Die Lage eines Punktes des optischen Bildes wird man für die Sehrichtung feststellen, indem man durch die Marken im Diaphragma ein Coordinatensystem herstellt, also z. B. statt eines Fadens deren zwei, einander im Mittelpunkte des Diaphragmas rechtwinklich kreuzende befestigt und das Instrument so richtet, dass der zu bestimmende Punkt mit dem Durchkreuzungspunkte der Fäden zusammenfällt.

Ist nun durch derartige Marken, durch das Fadenkreuz, die Sehrichtung festgestellt, so wird die Messung der Distanz zweier Bildpunkte durch verschiedene Mittel herbeigeführt werden können, durch Anbringung vieler Marken im Gesichtsfelde, welche sich in bestimmten Entfernungen von einander befinden (Netzmikrometer, Glasmikrometer), durch Messung der Bewegung des Fadenkreuzes oder eines Theiles desselben (Ocularschraubenmikrometer), durch Messung der Bewegung, welche zu einer bestimmten Vergrösserung, etwa zur Verdoppelung der Punktdistanz, erforderlich ist (Heliometer, Objectivmikrometer, ROCHON'sche Prismen u. s. f.), durch Messung der Bewegung des Objectes, welche erforderlich ist, um successive die zu messenden Punkte in dieselbe Lage zum feststehenden Instrumente zu bringen, welche letztere Operation bei Fernröhren und Mikroskopen in verschiedener Weise auszuführen ist, bei letzteren direct durch Messung der mechanischen Verschiebung des Objectes bewirkt werden kann (Objectivschraubenmikrometer), bei ersteren indirect durch Messung der Zeit für die Bewegung des Bildes eines sich bewegenden Objectes (Kreismikrometer, Rautennetze u. s. f.).

Das Wesentliche dieser verschiedenen Methoden erhellt aus dem Folgenden.

a. Netzmikrometer, Glasgitter, als Mikrometer an der Stelle des einfachen Fadenkreuzes angebracht, sind mikrometrische Vorrichtungen, durch welche das Gesichtsfeld oder der mittlere besonders zu den Beobachtungen benutzte Theil des Gesichtsfeldes durch ein System von Parallelen oder auch nach zwei verschiedenen Dimensionen in eine mehr oder weniger grosse Zahl gleicher Theile getheilt ist. Ist der Abstand der Theilstriche bekannt, so zeigt die Beobachtung unmittelbar die Zahl der Theilpunkte an, welche zwischen den beiden in ihrer Entfernung zu messenden Punkten liegen, d. h. man erhält

durch die Projection des Bildes auf die Ebene des Gitters eine Angabe über die Grösse des **optischen Bildes**, und zwar direct bis zu dem Grade der Genauigkeit, welchen die Eintheilung des Gitters hat, während Grössen, die zwischen den Theilstrichen liegen, nach Augenmaass geschätzt werden müssen. Solche Netze oder Gitter verfertigte man zuerst durch Aufziehen feiner Fäden, bald aber, da jene Methode nur geringe Feinheit der Eintheilung zulässt, durch Einreissen von Strichen in Glas (B. MARTIN). Die *Fig. 21* zeigt ein solches Glasmikrometer, wie es von PLÖSSL zu seinen Mikroskopen als Ocularmikrometer verfertigt wurde. *AB* ist eine kreisrunde Glasplatte, welche in die kreisförmige Oeffnung des Diaphragmas passt, in der Mitte ist die feine Theilung *CD*, welche aus Parallellinien besteht, die in möglichst gleichen Abständen von $^1/_{20}$ zu $^1/_{20}$ Millimeter gezogen sind; von je 5 zu 5 Theilen ist ein Theilstrich länger gemacht wie das Stück *EF* der Theilung zeigt.

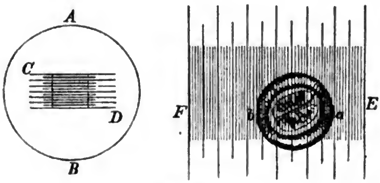


Fig. 21.

Das optische Bild, einen gewissen Raum der Theilung einnehmend, kann durch Drehung der Fassung des Oculares immer senkrecht gegen die Theilung gestellt werden, und hat man alsdann die Zahl der zwischen den Punkten liegenden Theilpunkte abzuzählen, welche Operation für das Auge durch die erwähnte Verschiedenheit in der Länge der Theilstriche erleichtert wird, z. B. würde die Länge des Objectbildes *ab* etwa 17 Theilstriche oder $^{17}/_{20}$ Millimeter betragen.

Diese Messung giebt nur die Grösse des **Bildes** an. Zur Berechnung der absoluten Objectgrösse bei mikroskopischen Beobachtungen oder des wahren Winkelabstandes der Punkte bei Fernrohrbeobachtungen ist es noch erforderlich, die Vergrösserungskraft des Objectives der Instrumente zu kennen; bezeichnet n die Vergrösserungszahl des Objectives und s die gemessene Bildgrösse, so ist die wirkliche Grösse $\frac{s}{n}$. Annähernd lässt sich bei Mikroskopen die Vergrösserung durch zwei, nach bekanntem Maasse getheilte, Glasmikrometer finden.

Legt man ein Glasgitter, dessen Theile die Grösse z haben mögen, unten an die Stelle des zu betrachtenden Objectes, und ein zweites Gitter von der Theilgrösse w oben unter das Ocular, werden dann a Theile des untern von b Theilen des obern Mikrometers gedeckt, so ist die Vergrösserung $n = \frac{a \cdot z}{b \cdot w}$ also die wirkliche Entfernung x bei der scheinbaren Bildgrösse s dieser Entfernung:

$$x = \frac{s \cdot a \cdot z}{b \cdot w}.$$

b. Das **Ocularschraubenmikrometer** ist eine für astronomische Fernröhre und Mikroskope gleich vorzügliche mikrometrische Vorrichtung. Sie besteht nach der RAMSDEN'schen Einrichtung darin, dass im Gesichtsfelde zwei

Fäden parallel ausgespannt sind, von denen der eine fest, der andere durch eine Mikrometerschraube parallel verschiebbar ist. Die zu messende Distanz wird zwischen beide Fäden gebracht und die Entfernung der Fäden durch die Umdrehung der Schraube bestimmt. Auch mit diesem Mikrometer wird nur die Grösse des **Bildes** gemessen und muss daher durch eine Berechnung wie bei den Gittermikrometern erst die wahre Grösse gefunden werden.

c. Von den Doppelbildmikrometern wird vorzugsweise bei Fernröhren Gebrauch gemacht, um die Winkelgrösse, unter welcher das optische Bild gesehen wird, zu messen. Das wichtigste und zu den feinsten Messungen am meisten geeignete Mikrometer dieser Art ist das Heliometer *, dessen Princip auf folgender Betrachtung beruht. Sind die beiden Hälften *ABC* und *DFE* in *Fig.* 22 eines Objectivglases durch eine Mikrometerschraube von einander so zu verschieben, dass von dem Momente ihrer Berührung an, wo ihre Mittelpunkte c und c_1 zusammenfallen, die Axen parallel von einander zu entfernen sind, so wird das Bild eines äussern Gegenstandes, welches von den zusammenliegenden Linsenhälften zuerst einfach gebildet wurde, allmählig auf verschiedene Theile des Gesichtsfeldes fallen, und bei hinreichend weiter Verschiebung der Linsenhälften wird das von der Linsenhälfte *ABC* herrührende Bild ab gerade neben das von *DFE* herrührende a_1b_1 derselben Punkte des Objectes fallen. Dann ist aber der Winkel cbc_1, um welchen die Linsenhälften von einander entfernt wurden, gleich dem Gesichtswinkel acb, unter welchem das Bild erscheint (Savery, Bouguer, Dollond, Fraunhofer). Die Bildgrösse wird also mittelst der Beobachtung der Verschiebung beider Linsenhälften durch die Mikrometerschraube gefunden, die Messung ist aber unabhängig von der Lage des optischen Bildes, also auch anwendbar beim holländischen Fernrohre, bei welchem ein Ocularmikrometer nicht anzubringen ist. Ferner können grössere Distanzen von Punkten gemessen werden, für welche das Ocularmikrometer nicht ausreicht, wenn die Gränze des Bildes zu nahe an die Gränzen des Gesichtsfeldes rückt.

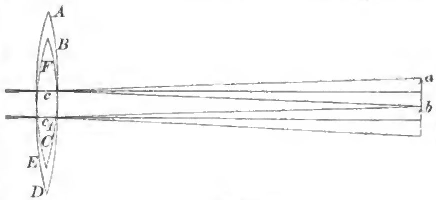


Fig. 22.

Auf dem Princip der Multiplication der zu messenden Grösse beruhen noch andere Mikrometereinrichtungen, die theils als constructive Abänderungen des Heliometers betrachtet werden können (*coming up glasses* von Dollond, das Eirometer von Dollond d. J. u. A.), theils die Doppelbrechung des Lichtes zur Anwendung bringen (Rochon's Prisma).

d. Für das Objecttisch-Schraubenmikrometer wird es genügen, anzuführen, dass dasselbe aus einem auf den Objecttisch zu legenden Schlitten besteht,

* Denselben Namen trägt ein von Herschel d. J. angegebenes Instrument zur Messung der erwärmenden Wirkung der Sonnenstrahlen.

der vermittelst einer Mikrometerschraube in einer senkrecht zur Axe des Mikroskopes stehenden Ebene geführt wird. Das auf dem Schlitten befindliche Object kann dann successive mit den beiden in ihren Abständen zu messenden Punkten in Berührung mit dem Fadenkreuze gebracht und die hierzu erforderliche Umdrehungszahl der Schraube beobachtet werden. Da das Object hier in seiner ganzen Ausdehnung verschoben wird, so ist das Objecttischmikrometer ein Messwerkzeug für die absolute Grösse der mikroskopischen Objecte.

Zur unmittelbaren Vergleichung eines Objectes mit einer Theilung kann natürlich bei Mikroskopen auch ein feines Glasmikrometer benutzt werden, auf dessen Theilung das zu beobachtende Object gelegt wird. Die Theilung eines solchen Object-Glasmikrometers kann viel feiner sein, als die des Ocular-Glasmikrometers, da sie so viel mehr vergrössert wird. Durch die unmittelbare Projection des Objectes auf die unter derselben Vergrösserung mit dem Objecte erscheinende Theilung erhält man durch das Object-Glasmikrometer absolute Maasse für das Object. Die Genauigkeit des Glasmikrometers wird durch eine Durchmessung desselben mittelst des Objecttisch-Schraubenmikrometers geprüft.

c. Rautennetz. Kreismikrometer. Während das vorige Mikrometer natürlich nur bei Mikroskopen zu benutzen ist, sind dagegen einige Mikrometer nur bei Fernröhren zu den Sternbeobachtungen anwendbar. Dieselben haben den Zweck, aus der Zeit, welche zwischen dem Durchgange zweier Sterne durch das Fadenkreuz des feststehenden Fernrohres verfliesst, eine Winkelgrösse, etwa die Declination zu finden. Zu diesem Zwecke wird z. B. statt des einfachen Fadenkreuzes eine Reihe paralleler Fäden, die von einem darauf senkrechten durchschnitten sind, angewendet; die Zeit, welche verfliesst, bis ein Gestirn von einem Faden bis zum andern fortrückt, ist das Maass für den scheinbaren Abstand der Fäden.

Eine besondere Einrichtung hat Bradley dem Fadennetze als Rautenmikrometer gegeben. Ist um das kreisförmige Gesichtsfeld *Fig. 23* ein Quadrat *ABCD* gelegt, so werden von den Berührungspunkten *E* und *F* die vier Fäden nach den gegenüberliegenden Ecken ausgespannt, endlich noch ein Faden *GH* parallel mit *AB* und durch die Mitte des Gesichtsfeldes. Dem Quadrate kann durch Drehung eine solche Lage gegeben werden, dass *GH* dem Aequator oder dem Wege der Sterne parallel ist, also etwa *cabd* den Weg eines Gestirnes darstellt. Es ist einleuchtend, dass man durch Beobachtung der Zeiten, wann ein Gestirn successive die Fäden durchschneidet, die Zeit findet, in welcher es gerade durch die auf der Ebene

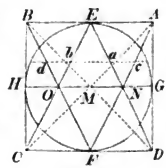


Fig. 23.

GH senkrechten, durch die äquidistanten Punkte *MNO* gelegten Ebenen hindurchgeht, da die Zeit für *N* das Mittel aus c und *a*, für *M* aus *a* und *b* u. s. f. ist. Indem man also z. B. zwei kurz hintereinander folgende Gestirne beobachtet, erhält man sofort die Differenz ihrer Rectascensionen, und unter Berücksichtigung, dass die Länge *ab* gleich dem vertikalen Abstande von *E* bis *ab* ist, geben auch die Beobachtungen zweier Gestirne die Differenzen der Declination.

Da es schwierig ist, sehr genau Gitter von feinen Fäden (Spinnenfäden) auszuführen, namentlich wenn, was der Wiederholung der Beobachtung wegen wünschenswerth ist, viele Fäden aufgezogen werden sollen, so versuchte man dieselben durch Glasgitter zu ersetzen. FRAUNHOFER schnitt solche rautenförmige Glasgitter von grosser Feinheit. Indessen sind dieselben wenig in Gebrauch gekommen, weil das ebenfalls von FRAUNHOFER ausgeführte Kreismikrometer sich in hoher technischer Vollendung herstellen und genau so wie das Rautennetz verwenden lässt. Ist nämlich $ADBC$ in *Fig. 24* eine im Gesichtsfelde befindliche, mit der Axe des Fernrohres concentrische undurchsichtige Kreislinie, so wie EF und GH der Weg zweier Gestirne, so ist die Durchgangszeit durch die Mittelebene des Gesichtsfeldes das Mittel aus den Eintrittszeiten bei resp. E und G und den Austrittszeiten bei F und H, wodurch also die Differenz der Rectascensionen gefunden wird. Die Bestimmung der Differenz der Declinationen MI und MK ist leicht zu berechnen, da die halben Sehnen IF und KH beobachtet wurden, der Radius des Kreises $MF = MH$ ein für alle Mal ermittelt werden kann. FRAUNHOFER stellte solche Kreismikrometer von Metallringen und durch Aetzung auf Glas her, wobei er zur Repetition der Beobachtung eine grössere Zahl concentrischer Ringe ausführte.

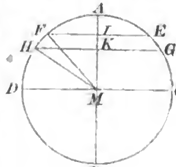


Fig. 24.

a. Fadenkreuz. Parallele Gitter. Glasmikrometer.

Die Erfindung des Fadenkreuzes durch GASCOIGNE im J. 1640 hatte sich, ohne dass eine Veröffentlichung derselben stattfand (erst DERHAM wies 1717 nach, dass GASCOIGNE die Ehre gebühre), doch in den nächsten 20—30 Jahren verbreitet und war nach verschiedenen Richtungen ausgebildet worden. Je bedeutender die Vergrösserung der Teleskope war, je feiner daher die Messung sein sollte, um so mehr musste auf Herstellung feiner Fäden, die zugleich sicher ausgespannt werden konnten, gedacht werden. Es sind nach der Reihe sehr verschiedene Materialien zur Anwendung gekommen, Metalldrähte, Haare von Menschen und Thieren, Glas, Gummi u. s. w. Am zweckmässigsten bewiesen sich die von FELIX FONTANA zuerst empfohlenen, von ED. TROUGHTON angewendeten Spinnenfäden (die Aufhängungsfäden des Netzes der Kreuzspinne), welche selbst bei einer Dicke von 0,0003^{mm} noch hinreichend elastisch sind, um sich spannen zu lassen, und zugleich undurchsichtig, um einen Punkt zu decken. Solche feine Fäden wie selbst noch die von WOLLASTON hergestellten Platinfäden von etwa 0,0013^{mm} Dicke, müssen, um bei Nachtbeobachtungen sichtbar zu sein, beleuchtet werden, was schon von GASCOIGNE ausgeführt wurde. Durch die Erhellung des Gesichtsfeldes wird die Erkennung lichtschwacher Objecte erschwert und ist deshalb in Vorschlag gebracht, feine glühende Metalldrähte (FRISIANI) zu benutzen.

Ein einfaches Fadenkreuz im Teleskope würde genügen, um die Differenz der Rectascensionen zweier Gestirne zu finden. In der Regel aber wendet man, um eine grössere Zahl von Beobachtungswerthen zu erhalten, eine gitterartige Anordnung der Fäden an, gewöhnlich eine ungerade Zahl unter einander paralleler Fäden, die von einem darauf senkrechten halbirt werden.

Bei Meridianinstrumenten werden die Fäden senkrecht auf den Horizont gestellt, wo also dann der einzelne Kreuzfaden der Horizontebene parallel ist, bei parallaktischen Instrumenten ist letzterer der Aequatorebene parallel und die Fäden durchschneiden also die Wege der Gestirne senkrecht. Ist nun der Durchgang eines Gestirnes durch einen Faden zur Zeit t (nach Sternzeit gemessen) erfolgend, der eines andern Gestirnes durch denselben Faden zur Zeit t_1, so ist die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne nach Zeit $= t_1 - t$ und

nach Bogen $= 15\,(t_1 - t)$. Die Ablesung der entsprechenden Durchgänge durch die verschiedenen Fäden giebt alsdann einen mittleren Werth, z. B. bei 5 Fäden beobachtete Durchgänge von

	Gestirn I	Gestirn II
Faden 1	$t = 5^h\ 17'\ 6'',3$	$t_1 = ..\ 5^h\ 21'\ 39'',7$
„ 2	..... 17 12,1	.... 21 45,5
„ 3	..... 17 17,6	.... 21 51,3
„ 4	..... 17 23,6	.... 21 57,0
„ 5	..... 17 29,4	.... 22 2,7
geben Mittel	$5^h\ 17'\ 17'',8$	$5^h\ 21'\ 51'',2$

Differenz $t - t = 0^h\ 4'\ 33'',4$ in Zeit
und $= 1^\circ\ 8'\ 21'',0$ in Bogen.

Mit solchen parallelen Fäden kann man nur die Differenz der Rectascensionen, aber nicht die der Declinationen messen; dies wird aber möglich, wenn man die Fäden sich unter einem bekannten Winkel schneiden lässt. Dies führt zur Construction der verschiedenen Gitter mit geneigten Fäden, von denen das gebräuchlichste, das Rautennetz, schon oben erwähnt ist.

In der Anwendung bei Mikroskopen waren natürlich einfache Fadengitter der beschriebenen Art zu Messungen unbrauchbar, es wurde aber eine Gitter- oder Netztheilung durch zahlreiche Fäden, die zwei einander unter rechten Winkeln kreuzende Liniensysteme bildeten, zunächst zu dem Zwecke construirt, das Gesichtsfeld zur Entwerfung von Zeichnungen in viele gleiche Abtheilungen zu zerlegen, dann aber auch um die Bildgrösse nach der Grösse der Abtheilungen des Netzes zu messen. Nachdem von Martin 1740 die ersten Ocularglasmikrometer hergestellt waren, erhielten dieselben nach und nach immer grössere Vollkommenheit in der Gleichmässigkeit der Abstände und in der Feinheit der Liniendistanz, so dass sie zur direkten Messung der absoluten Grösse des Objectes als Object-Glasmikrometer zu verwenden waren. Hatten bei dem ersten Martin'schen Gitter die Theilstriche Abstände von $^1/_{40}$ Zoll englisch, waren sie also nur etwa ein die Zeichnung erleichterndes Maschennetz, so verfertigte Fraunhofer 1823 Glasmikrometer mit $^1/_{300}{}^{mm}$ Theilstrichabstand und Nobert 1862 dergl. mit nahe 4000 Parallelen auf 1^{mm} Breite, eine Feinheit der Zeichnung, welche derjenigen gleich kommt, welche wir mit unsern vorzüglichsten Instrumenten auf den zartesten organischen Gebilden zu erkennen vermögen.

Die feineren Theilungen könnten höchstens als Objecttisch-Mikrometer verwendet werden, weil über eine gewisse Gränze hinaus die schwächere Vergrösserung des Oculares die Linien nicht mehr erkennen liesse. Aber zur Ausführung feiner Messungen sind die feinsten Theilungen doch nicht zu brauchen, weil höchst selten die Theilung und ein darauf gelegter Gegenstand gleichzeitig deutlich würde erkannt werden können. Die feinsten Messungen werden immer mit dem Ocular- und dem Objecttisch-Schraubenmikrometer zu machen sein und die ungemein feinen Theilungen auf Glas mehr als Prüfungsobjecte ihre Verwendung finden. Place empfiehlt für das Ocular-Mikrometer eine Theilung von 6 Millimeter Länge in 60 Theile, also bis auf $^1/_{10}$ Millimeter, und als Objecttisch-Mikrometer 1 Millimeter in 100 Theile, erstern mit $0{,}004 - 0{,}005^{mm}$, letztern mit $0{,}0006 - 0{,}0008^{mm}$ Strichdicke.

Zu Fernrohr-Ocular-Mikrometern werden Glasgitter mit parallelen Strichen nicht verwendet.

Ueber die Art der Anfertigung der feinen Theilungen auf Glas ist Weniges veröffentlicht worden. Es sind aber wohl drei Methoden die üblichen: 1) Theilung mittelst der gewöhnlichen Längentheilmaschine von sehr feiner Schraubenführung, 2) Theilung durch Kreistheilmaschinen, 3) Theilung mittelst Differentialschrauben. Die gewöhnliche Theilmaschine würde sich zu den feinsten Theilungen kaum eignen, da ein so gleichmässiger Gang der Schraube, um 4000 Striche auf 1^{mm} äquidistant zu ziehen, nicht herstellbar sein dürfte. Man muss also eine Bewegung, die gemessen wird, auf der Stelle, wo sie auf die Glasplatte übertragen werden soll, verkleinert hervorbringen. Dies hat Nobert gethan, indem er mit der Alhidade der Kreistheilmaschine eine Vorrichtung verband, die nahe bei der Axe auf ein Reisswerk wirkte; die Striche sind dann streng genommen radial auseinanderlaufend, wenn das Reisswerk sich

parallel der successive weiter geschobenen Alhidade bewegt. Durch andere Hebelverbindungen würde man, wie dies in sehr vollkommener Weise in einer zu anderm Zwecke construirten Maschine, der mikroskopischen Schreibmaschine von PETERS [1], geschehen ist, eine ganz richtige geradlinige Verkleinerung bewirken können.

Eine sehr gute Methode ist die der Differentialschrauben [2]. Anstatt nämlich die zu theilende Platte allein, oder das Reisswerk allein durch eine sehr feine Schraube zu führen und den andern Theil festzustellen, lässt man Reisswerk und Platte jede durch eine gröbere und darum genauer herzustellende Schraube bewegen, welche aber für beide Theile etwas verschiedene Ganghöhe hat. Hätte z. B. die eine Schraube 10, die andere 9 Windungen auf 1 Millimeter, so würde etwa die erste mit einer vollen Umdrehung das Reisswerk um $1/_{10}$ mm führen, die zweite die Platte um $1/_{9}$ mm, es würde also die Platte um $1/_{90}$ Millimeter vorauseilen. Lässt sich an getheilten Köpfen der Mikrometerschrauben $1/_{100}$ der Umdrehung ablesen, so würde man in diesem Falle mittelst der Differentialschraube Differenzen der Verschiebung vom Reisswerk und der Platte um $1/_{9000}$ Millimeter bewirken.

Beachtenswerthe Vorschläge zu andern Theilmethoden zur Herstellung feiner Mikrometer machte FR. PLACE, indessen sind Theilmaschinen nach den vorgeschlagenen Grundsätzen wohl noch nicht ausgeführt worden.

b. Ocularmikrometer.

Das Fadenkreuz oder einen Faden durch eine Schraube zu führen und die Verschiebung der Schraube zur Bestimmung der Winkelverschiebung des Fadens, also zur Messung der Bildgrösse zu benutzen, war bei den Astronomen gleich nach Erfindung des Fadenkreuzes in Gebrauch gekommen, wahrscheinlich hat schon GASCOIGNE ein mit Schraube verschiebbares Fadenkreuz angewendet, RÖMER, PICARD u. A. hatten es bereits um 1662. Für Mikroskope ist es erst von TH. BALTHASAR (1710) und erst noch erheblich später von RAMSDEN in der feinen, noch jetzt gebräuchlichen Form ausgeführt worden.

Die ältesten Ocularschrauben-Mikrometer von HERTEL bestanden aus zwei diametral gegenüber so unter dem Oculare eingelassenen Schrauben, dass dieselben bei ihren Umdrehungen mit ihren Axen in der Ebene des Brennpunktes blieben, also durch mehr oder weniger tiefes Hineinschrauben ein Bild von den Schraubenendigungen eingegränzt werden konnte.

Statt zweier Schrauben genügte eine, die mit ihrer Endigung von einem Punkte des Bildes zum andern geführt wurde und wo diese Bewegung der Schraube zur Messung der Bildgrösse diente; die Schraube erhielt eine Endigung in feiner Spitze (B. MARTIN, Nadelmikrometer von ADAMS).

Das für Teleskope wie Mikroskope gleich vorzügliche RAMSDEN'sche Schraubenmikrometer mit einem beweglichen und einem festen Faden zeigt die *Fig. 25* (S. 534) nach der Construction des Mikroskopes eines Comparateurs am Wiener polytechnischen Institute.

Fig. 25 A zeigt in *PM* die mikrometrische Vorrichtung unter dem Oculare eines Mikroskopes angebracht. Die Platte *P* enthält die in *Fig. 25 B* grösser abgebildeten Theile, nämlich einen Rahmen *R*, an dem der Faden *cd* ausgespannt ist, während der Faden *ab* in dem Diaphragma fest ist, ferner die Mikrometerschraube *mm*, welche sich in der Schraubenmutter *ss* dreht und den Rahmen *R* bewegt, der ausserdem durch den glatten cylindrischen Fortsatz *F* des Rahmens und die Druckfeder *f* sanft geführt wird. Zur Vermeidung des todten Ganges ist eine vom Federhause *S* aus gespannte und an dem Rahmen befestigte Kette angebracht. Der an der Schraubenmutter befestigte getheilte Kopf *M* spielt gegen einen in *Fig. 25 B* nicht gezeichneten, aber aus *Fig. 25 A* ersichtlichen festen Index, und werden hieran die Theile einer ganzen Schraubenumdrehung abgelesen. Um nicht bei der Verschiebung des am Rahmen

---

[1] *Trans. of the microsc. Society. Quart. Journ. of Microsc. Soc.* 1855 Nr. 15 p. 55 lineare Verkleinerung von Schriftzügen auf den 6000sten Theil. Eine PETERS'sche Theilmaschine der angegebenen Wirkung war auch auf der Londoner Industrieausstellung 1862.

[2] HUNTERS *screw*. *Philos. Trans.* 1781 S. 58 *.

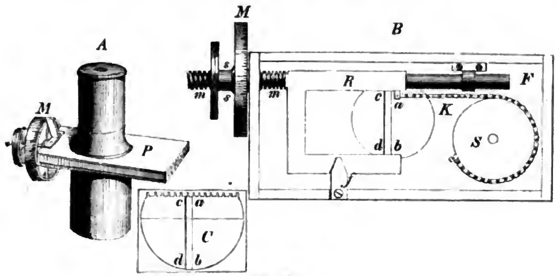


Fig. 26.

befestigten Fadens *cd* die ganzen Umdrehungen zählen zu müssen, kann man im Gesichtsfelde ein Diaphragma anbringen, wie *Fig. 25 C* zeigt, an dem ein Rand in Zähne eingetheilt ist, deren Abstände den Gängen der Mikrometerschraube gleich sind.

Das Ocularschraubenmikrometer misst die Bildgrösse und ist schon oben erwähnt, wie hiermit bei Mikroskopen die absolute Objectgrösse bestimmt werden muss.

Bei Teleskopen wird der Werth der Schraube zur Bestimmung der Winkelgrösse des Bildes aus einer Beobachtung ermittelt werden können. Sei z. B. das Mikrometer so gestellt, dass die Fäden der Aequatorebene parallel liegen, so wird die Distanz der Fäden eine gewisse Declinationsdifferenz bedeuten. Man beobachtet nun zwei Gestirne, deren Declinationsdifferenz bekannt ist, lässt das eine den festen Faden entlang gehen und verschiebt den beweglichen Faden so lange, bis das zweite diesem entlang sich bewegt. Wären z. B. für zwei Gestirne, deren Declinationsdifferenz 7′6″ beträgt, die Verschiebungen der Mikrometerschraube von 4 ganzen und 79 hundertel Umdrehung erforderlich gewesen, so entsprechen 426″ der Declinationsdifferenz den 479 Mikrometertheilen, jeder Mikrometertheil hat also einen Werth 0,889 Sekunden.

Ist das Ocularschrauben-Mikrometer in seiner Ebene drehbar, so kann es natürlich auch zu Rectascensionsmessungen gebraucht werden. Versieht man es dann noch mit einem dritten festen Faden, welcher das Gesichtsfeld halbirt, welcher für sich um die Axe drehbar ist und dessen Drehung an einem getheilten Kreise abgelesen werden kann, so ist das so eingerichtete Ocularschrauben-Mikrometer geeignet, sehr kleine Winkelgrössen, z. B. die Rectascensionsdifferenz von Doppelsternen zu messen. Ein solcher Apparat heisst ein Positionsmikrometer.

c. Doppelbildmikrometer.

Das Princip des Heliometers, Verdoppelung des Bildes, sei es durch Verschiebung der Hälften eines Objectivglases oder eines Oculares, ist ebenso wenig, wie andere mikrometrische Methoden, eine Verdoppelung des optischen Bildes zu erzeugen, für die Mikrometermessungen bei Mikroskopen fruchtbar geworden, während derartige Einrichtungen verschiedener Form sich für Fernröhre zweckmässig erweisen.

Von der Wirkung des Objectiv-Heliometers im Allgemeinen ist schon oben die Rede gewesen; ausführliche Anleitung zur Prüfung und Benutzung der vorzüglichen Instrumente dieser Klasse nach der Fraunhofer'schen Construction wurde von Brandes, Hansen u. A. gegeben (s. die Literatur).

Terrestrische Fernröhre, mit einer Einrichtung zur Messung der Linsenverschiebung, welche zur Verdoppelung des Bildes erforderlich ist, versehen, können zur Messung der scheinbaren Bildgrösse und dadurch aus bekannter Objectgrösse zur Bestimmung der Entfernung (Distanzmessen), oder aus bekannter Entfernung zur Bestimmung der Objectgrösse benutzt werden. Wäre das Bild eines entfernten Gegenstandes durch die Linsenverschiebung gerade verdoppelt

worden, so würden bei sich näherndem Objecte die Bilder sich schneiden, bei sich entfernendem Objecte auseinandertreten; es kann also ein solches Instrument benutzt werden, um sicher die Annäherung oder Entfernung von terrestrischen Objecten zu erkennen (*coming up glasses* der Seeleute).

Dieselben Zwecke lassen sich durch Rochon's Mikrometer und ähnliche auf der Doppelbrechung des Lichtes beruhende Vorrichtungen erreichen. *cde* und *def* in *Fig. 26* sind beim Rochon'schen Mikrometer zwei rechtwinklige Bergkrystallprismen, die mit ihrer Hypotenusenfläche *ed* aufeinander gelegt sind und mit ihren Flächen *ce* und *df* senkrecht zur Axe des Objectes *l* stehen. Die optischen Axen der beiden Prismen stehen senkrecht zu einander, so dass der ordentliche Lichtstrahl *cd* beide Prismen ungebrochen durchläuft, während die ausserordentlichen Strahlen nur das erste ohne Brechung durchlaufen, dann aber eine vom brechenden Winkel *edf* des zweiten Prismas abhängigen Winkel $hik = \alpha$ mit den ordentlichen Strahlen machen. Ein leuchtender Punkt in der Axe des Fernrohres giebt also zwei Bilder bei *h* und *k*, ein anderer leuchtender Punkt eines Objectes etwa die beiden Bilder *o* und *n*. Da der Winkel $hik = omn$ constant ist, so wird man durch Verschieben des Doppelprismas längs der Axe eine Stellung für dasselbe auffinden können, bei welcher die Punkte *k* und *o* der beiden Doppelbilder gerade zusammenfallen, also wie in *Fig. 26 b* das Bild $h_1 k_1$ gerade neben dem Bilde $o_1 n_1$ liegt. Der Winkel $hlo = h_1 l_1 o_1 = \varphi$ ist nun aber offenbar die scheinbare Grösse oder die Bildgrösse, welche durch Verschiebung des Doppelprismas nach $c_1 d_1 f_1 e_1$ gerade verdoppelt wurde. Es

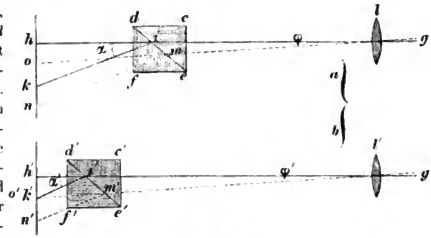


Fig. 26.

ist aber $\tan \alpha = \frac{h_1 k_1}{h_1 i_1}$ und $\tan \varphi = \frac{h_1 k_1}{h_1 l_1}$, folglich

$$\tan \varphi = \frac{h_1 i_1}{h_1 l_1} \tan \alpha.$$

Da aber $h_1 i_1$ die Entfernung E des Prismas von der Ebene des optischen Bildes, $h_1 l_1$ die Brennweite F des Objectivs ist, so ist

$$\tan \varphi = \frac{E}{F} \tan \alpha.$$

Aus der bekannten Brennweite F und der ein für allemal zu berechnenden Grösse von α wird sich also mit Hülfe der beobachteten Verschiebung E die Grösse von φ finden lassen.

Die Grösse der Verschiebung, welche erfordert wird, um von einem Objecte bekannter Ausdehnung eine Verdoppelung des Bildes zu bewirken, wird zur Distanzbestimmung des Objectes führen; endlich das Ueberschneiden oder Entfernen der auf ihre Berührung eingestellten Bilder eines bewegten Objectes auf die Annäherung oder Entfernung des Objectes schliessen lassen (*lunettes à double image*).

Auch zur Winkelmessung ist von den durch doppeltbrechende Krystalle erzeugten Doppelbildern Gebrauch gemacht worden (Goniometer von Leeson).

d. Objecttisch-Schraubenmikrometer.

Diese für mikroskopische Messungen besonders wichtige Einrichtung wird von den Verfertigern in sehr übereinstimmender Form geliefert, von welcher die Zeichnung *Fig. 27* (S. 536) eine Ansicht giebt. Die Platte *AB*, welche in ihrer Mitte mit einem runden Loche *G* ver-

sehen ist und zwei Seitenleisten *llll* trägt, wird auf dem Objecttische des Mikroskopes befestigt. Auf ihr und unter den ausgeschnittenen Leisten hinweg verschiebbar liegt eine zweite mit einer rechteckigen Oeffnung in der Mitte versehene Platte *P*. Durch die an der untern Platte befestigte Mutter *M* geht die Mikrometerschraube *S* hindurch, welche durch den Kopf *L* geführt wird, während die getheilte Mikrometerscheibe *K* an jedem beliebigen Punkte festgestellt werden kann, damit man den Nullpunkt von *K* für jede Lage des betrachteten Objectes mit einem vollen Theilstriche der Theilung *T* (die zur Zählung der ganzen Schraubenumgänge dient) in Uebereinstimmung bringen kann. Das Ende der Mikrometerschraube drückt gegen die Platte *P* und führt diese vorwärts, während beim Rückwärtsdrehen der Mikrometerschraube der federnde Streifen *ab* die Platte wieder zurücknimmt. Die theilweisen Umdrehungen von *K* sind wie bei allen früher beschriebenen Mikrometerapparaten durch einen Index (gewöhnlich noch mit Vernier), der in der Zeichnung nicht abgebildet ist, abzulesen.

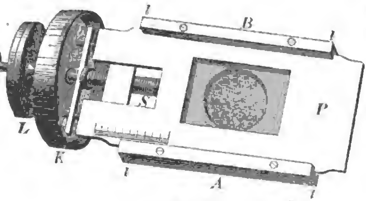


Fig. 27.

Methoden zur Bestimmung der Vergrösserung und zur Berechnung der wahren Objectgrösse.

Da die Ocularmikrometer immer nur die Bildgrösse angeben, so muss man, um die absolute Grösse des Objectes bei Mikroskopen oder den Gesichtswinkel für das direkt gesehene Object bei Fernröhren zu erhalten, noch die Vergrösserung des Instrumentes kennen. Allerdings müsste sich diese aus der Aussmessung der optischen Theile des Instrumentes berechnen lassen, indessen würde eine solche Berechnung bei complicirten Instrumenten sehr mühsam und doch nur unsicher sein. Man zieht es daher vor, die Vergrösserung empirisch zu bestimmen, und die hierzu angewendeten Methoden sind dann zugleich als indirekte mikrometrische Methoden zu betrachten.

Ausser der schon oben angegebenen Methode, durch zwei Mikrometer die Vergrösserung eines Mikroskopes zu finden, sind besonders zwei für Mikroskope und Fernröhre brauchbare Methoden zu nennen, 1) das Doppelsehen, 2) das Projiciren eines Bildes.

Die Methode des Doppelsehens besteht darin, dass man mit dem einen Auge durch das Instrument nach einem Objecte bekannter Grösse, mit dem andern Auge nach einem getheilten Maassstabe sieht, der bei Fernrohrbeobachtungen in der Entfernung des deutlichen Sehens, bei Mikroskopbeobachtungen in der Ebene des Objectes angebracht wird.

Gesetzt, man hätte bei einem Mikroskope als Object ein in $^1/_{100}{}^{mm}$ getheiltes Glasmikrometer angebracht und sähe, dass zehn Abtheilungen des Bildes 26 Abtheilungen des mit dem blossen Auge gesehenen in ^{mm} getheilten Maassstabes gleich wären, also $^1/_{10}{}^{mm} = 26$, so wäre die Vergrösserung eine 260 fache. Mit diesem Mikroskope würde also auch durch Doppelsehen die Grösse eines Objectes nur vermittelst eines in ^{mm} getheilten Maassstabes gemessen werden können; jedes ^{mm} des mit blossem Auge gesehenen Maassstabes, welches durch ein im Mikroskop gesehenes Object bedeckt würde, bedeutete eine Objectgrösse von $^1/_{260}{}^{mm}$ (Hook, Besecke).

Dieselbe Beobachtungsweise auf das Fernrohr angewendet, erhalten wir die Vergrösserung des Gesichtswinkels, unter dem ein im Fernrohre gesehener Gegenstand gegen den mit blossem Auge gesehenen erscheint (Keppler). Indessen giebt bei Fernröhren dies Verfahren nur bei schwachen Vergrösserungen einigermaassen sichere Werthe (Wolf).

Die Beobachtung wird sehr erleichtert, wenn man ein Hülfsmittel anwendet, durch welches das im Fernrohr oder Mikroskop gesehene Bild in derselben Richtung zum Auge gelangt, in welcher dasselbe in der Entfernung des deutlichen Sehens einen getheilten Maassstab erblickt.

Eine solche Anordnung zeigt z. B. die *Fig. 28.* Ist *M* das Ocular eines Mikroskopes, *P* eine unter 45° gegen die Axe geneigte klare und planparallele Glasplatte, *S* ein unter 45° geneigter Spiegel (oder ein Prisma, dessen Hypotenusenfläche den Spiegel vertritt), so wird das Auge bei *A* sowohl das Bild des Objectes im Mikroskop, z. B. ein Glasmikrometer, als eine unter *S* liegende Theilung *T* sehen. Man kann bei diesem Verfahren auf der Theilung *T* die Punkte sehr genau bezeichnen, oder mit dem Zirkel abmessen, welche den Theilen des Glasmikrometers entsprechen.

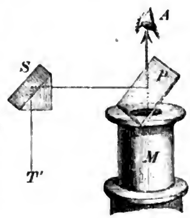


Fig. 28.

Dasselbe Verfahren ist offenbar auch für Fernröhre zu benutzen. Würde etwa ein in Centimeter getheilter, auf 100 Meter Entfernung eingetheilter Maassstab durch das Fernrohr betrachtet und gleichzeitig die nach ^{mm} ausgeführte, in der Entfernung von zwei Decimetern vom Auge aufgestellte Theilung *T* gesehen, fände sich hierbei, dass vier Abtheilungen $= 4^{cm}$ des Maassstabes die gleiche Länge mit 9 Abtheilungen $= 9^{mm}$ der Theilung *T* seien, so verhielte sich der Gesichtswinkel, unter welchem der mit blossem Auge gesehene Gegenstand (4^{cm} auf 100 Meter Distanz) zu dem im Fernrohre gesehenen (9^{mm} auf 2^{decm} Distanz) erscheint, wie

$$\frac{4}{10,000} : \frac{9}{200}$$

die Vergrösserung wäre also eine 125fache (Jacquin, Nobert, Nachet, Place).

Es ist einleuchtend, dass Mikroskope und Fernröhre, durch welche ein optisches Bild eines Gegenstandes bekannter Grösse auf einer auffangenden Wand hergestellt wird (Bildmikroskope), ebenso zur Messung der Vergrösserung und umgekehrt dann zur Bestimmung der Objectgrösse benutzt werden können (cfr. Harting für Mikroskope, Schröter, Valz für Fernröhre).

Einige andere weniger einfache Methoden, namentlich die Vergrösserung astronomischer Fernröhre zu bestimmen, weist die Literatur nach.

Literatur über Mikrometer zu §. 178.

Allgemeines und Theorie der Mikrometer.

Bode Astron. Jahrb. 1782. Aeltere Literatur.

Th. Young *lectures* II. 145 * 289 *. 351 *. Aeltere Literatur bis 1807.

Dove Repertorium d. Ph. II. 22 *. Sehr vollständige Literatur bis 1838.

Schubarth Repert. d. techn. Lit. Berlin 1856, S. 598 * neue Literatur.

Littrow Artikel Mikrometer in Gehl. n. ph. W. VI. 2154 * (1837).

Artikel Micrometer in *Encycl. Brit.* und andere Encyklopädien.

A. G. Kästner Von Mikrometern in Fernröhren. Astr. Abh. II. 263 *.

Id. de micrometris quae tubis inseruntur objectis terrestribus adhibendis. Comm. Gotting. 1789. Vol. X. p. 3 * (Theorie der Grössenmessung).

Geissler Beschreibung der Mikrometer. Leipzig 1794.

Schmid Vollständige Uebersicht über den Gebrauch des Mikrometers. Frankf. 1795. 8.

Brewster *Treatise on new philosophical instruments for various purposes in the arts and sciences.* Edinb. 1813. 8.

Bessel Ueber die Wirkung der Strahlenbrechung bei Mikrometerbeobachtungen. Zach Corresp. XVII. 209.

Id. Neue Methode, die gegenseitigen Abstände der Fäden in Meridianfernröhren zu bestimmen. Schum. astr. Nachr. II. 371 * (1824).

Valz *De l'emploi des micromètres et des réticules dans les observations obliques.* Schum. astr. Nachr. VII. 201. 287.

Dove Maass und Messen. Berlin 1835. S. 88 * ff.

P. Harting *Recherches micrométriques sur le développement des tissus et des organes du corps humain précédées d'un examen critique des différentes méthodes micrométriques* Utrecht, 1845.

P. Harting Das Mikroskop. Uebers. von Theile. Braunschw. 1859. S. 876 * ff.

Fr. Place Ueber die Prüfung der Glasmikrometer. Berlin, 1860. 8 *.

Fadenkreuz, Fäden, Gitter, Glasmikrometer.

GASCOIGNE (1621 — 1644) 1640 Erfinder des Fadenkreuzes s. DERHAM *Extracts from* GASCOIGNE's *and* CRABTREE's *Letters proving Mr.* GASCOIGNE *to have been the inventor of the telescopic sight of mathematical instruments and not the French. Phil. Trans.* XXX. 603 (1717).
BEVIS *on* GASCOIGNE's *micrometer in 1640. Philos. Trans.* 1753. 190.
HOOK *on* GASCOIGNE's *screw micrometer. Philos. Trans.* 1667. II. 541.
TOWNLEY *on* GASCOIGNE's *micrometers. Phil. Trans.* 1667. I. 457.
ARAGO *Sur l'inventeur du micromètre oculaire. Ann. de ch. et. de ph.* XIV. 434.
MALVASIA Ephemer. Modena 1662 (Fäden von Silberdraht).
DECHALES Dioptrica. lib. II. cap. 59 (Fäden von Pferdehaaren).
PICARD *Mém. de l'Ac. de Paris* 1717 p. 72; *Hist. céleste.* p. 2 und II (1662 Fäden von Seide).
AUZOUT in PICARD *Ouvrages de mathém. à la Haye* 1731 (Fäden von Menschenhaaren).
RÖMER in HORREBOW *Basis astronomiae* cap. 13 (bewegliche Fäden).
DE LA HIRE *Mém. de Paris* 1719. p. 57.
FEL. FONTANA *Saggio del real gabinetto di fisica e di storia naturale di Firenze.* Roma 1775 (Vorschlag von Spinnenfäden, für Teleskope zuerst angewendet von TROUGHTON d. Aelt. s. BREWSTER *Phil. instr.* p. 75).
WILSON *Improvement in the cross wires of telescopes. Phil. Trans.* 1774. 105.
BREWSTER *Philos. instrum.* p. 77 (Glasfäden).
GORING *micrographia* p. 47; *Quarterly Journ. of sc. new ser.* I. 81. Bair. K. u. Gew. Bl. 1827. S. 445; *Mech. Mag.* VII. 279; Dingl. p. J. XXIV. 564 (Kautschukfäden).
WOLLASTON *a method of drawing extremely fine wires. Phil. Trans.* 1813. p. 114 (Platindraht).
BESSEL Artikel Fernrohr in Gehl. n. ph. W. IV. 489*.
WELCKER Aufbewahrung mikroskopischer Objecte S. 31 (Fäden von Canadabalsam).
PAOLO FRISIANI Schum. astr. Nachr. XIV. 369* (1837) (glühende Platinfäden).
ARAGO (1786 — 1853) *Micromètre construit d'après ses indications par Mr.* FROMENT. *Compt. rend.* XXVIII. 561*; *Inst.* XVII. 157 (1849) (Fäden durch Galvanismus in verschiedenem Grade glühend zu machen; erste Notiz darüber 1847).
F. A. NOBERT Ein Ocularmikrometer mit leuchtenden farbigen Linien im dunklen Gesichtsfelde. Pogg. Ann. LXXXV. 93* (1852).
PORRO *mérométre. Compt. rend.* XXXIX. 244* (1854) (Instr. zur Bestimmung der Fädendistanz).
HERTEL Anweisung u. s. w. S. 106; vollständiges Lehrgebäude u. s. w. S. 448. (1716) (Quadratische Gitter von Pferdehaaren).
BENJ. MARTIN *Description and use of a pocket reflecting microscope with a micrometer*; 1739.
BENJ. MARTIN *New system of opticks.* 1740 p. 277.
BENJ. MARTIN *Description and use of a graphical perspective and microscope.* London 1771 (Glasgitter $^1/_{40}$ Zoll).
ZAHN oculus artificialis. Fundam. 3. synt. 4. c. 2.
TOB. MAYER Kosmographische Nachrichten und Sammlungen.
HOLLMANN *de micrometro. Phil. Trans.* XLIII (1745), p. 246 (Gitter von Seidenzeug).
BAKER *Employment for the microscope.* 1753 (Silberdrahtgitter $^1/_{50}$ Zoll).
BRANDER (1713 — 1783) Polymetroscopium dioptricum. Augsb. 1764.
BRANDER Der neue geometrische Universal-Messtisch. Augsb. 1767. 8. Cap. II. S. 24*.
BRANDER Beschreibung zweier zusammengesetzter Mikroskope. Augsb. 1769 (Glasgitter $^1/_{100}$ Zoll).
LAMBERT Anmerkungen über die BRANDER'schen Mikrometer von Glas. Augsburg 1769.
DUC DE CHAULNES *Description d'un microscope et de différents micromètres.* Paris 1768. Fol. (Glasgitter $^1/_{240}$ Zoll).
CAVALLO *Description of a simple micrometer for measuring oval angles with the telescope. Phil. Trans* 1791. p. 283; Gren's Journ. VI. 250 (Perlmuttertäfelchen).
ADAMS *Essays on the microscope.* London 1798. 4. (Perlmuttergitter $^1/_{200}$ Zoll).
BREWSTER *circular mother of pearl micrometer.* Phil. Instr. I. 48.
COVENTRY in *Encycl. Brit.* Ed. VI. 805 (Glasgitter $^1/_{10000}$ Zoll engl. $=$ $^1/_{400}$ ^{mm}).
FRAUNHOFER. Gilb. Ann. LXXIV. 347 (1823); *Phil. Mag. a. j.* LXIII. 210 (Glasgitter $^1/_{300}$ ^{mm}).
C. HOFFMANN Glasmikrometer für Mikroskope; Glasgitter zu Licht-Beugungsversuchen und Verzierung von Stahl mit prismatischen Farben. Gilb. Ann. (1823) LXXIV. 440* (Glasgitter $^1/_{3000}$ paris. Zoll).
LEBAILLIF in CHEVALIER *Notes rectificatives pour servir à l'histoire des microscopes.* Paris 1835. 8. (Glasgitter $^1/_{500}$ ^{mm}).

Feine Glasgitter von vielen andern Mechanikern ausgeführt, u. A. von BARTON, RAMSDEN, DOLLOND, PRITCHARD; PLÖSL, PISTOR und MARTINS, OERTLING, MERZ; OBERHÄUSER, NACHET, cfr. HARTING l. c. p. 505* und 881*.

WELCKER Zahlenmikrometer, eine neue Form der auf Glas getheilten Gitter Dingl. p. J. CXXX. 267* (Gitter zum Abzählen der Objecte im Gesichtsfelde).

NOBERT. Ueb. Kreistheilung s. Lit. zu §. 176 (1845 erste Notiz über Glasgittertheilung durch die Kreistheilmaschine).

NOBERT. Schum. astr. Nachr. 1849. Ergänzungsheft S. 39 (Probetäfelchen mit 12 Gruppen).

NOBERT. Die Interferenzspectrumplatte. Pogg. Ann. LXXXV. 80* (1852).

NOBERT. Ueb. eine Glasplatte mit Theilungen zur Bestimmung der Wellenlänge. Pogg. Ann. LXXXV. 83 (1852).

NOBERT's neueste Theilungen s. Specialkat. der Ausstellung des Zollvereins in der Londoner Ausstellung 1862. S. 83 (feinste Theil. auf $\frac{1}{10000}$ pariser Linien).

Untersuchungen über die NOBERT'schen Theilungen s. HARTING l. c. S. 881*; WARREN DE RUE *Americ. Journ.* 1850. p. 27; UNGER Pogg. Ann. 1850. LXXIX. 32; MOHL Mikrographie. S. 293. Tübingen 1846.

HODGSON *Quart. Journ.* 1856. XV. 240 (Collodiummikrometer).

CL. MORFIT *Application of photography in construction of micrometers. Sill. J.* (2.) XXX. 156.

TH. WOODS *Photographic micrometer. Phil. Mag.* (4.) XXII. 166 (Herstellung von Linien in Abständen von 0″,001 engl.) cfr. Berl. Ber. XVII. 6 (1863) über photogr. Mikrometerskalen von SALLERON und FERRIER.

Ocularschrauben-Mikrometer.

AUZOUT, PICARD, RÖMER s. ob.

HEVEL bei HECKER in Acta erud. Lips. 1708 Mart.

CASSINI *Mém. de Par.* 1724 p. 347.

LEFÈVRE *Machin. et inv.* II. 103; FOUCHY ibid. VI. 45.

GOTTFR. KIRCH Kalender 1696; s. EULER *Mém. de l'Ac. de Prusse* 1748. p. 121.

AEPINUS ibid. 1756 p. 365.

TH. BALTHASAR Micrometrica. Erlangen 1710 (Vorschlag von Schraubenmikr. für Mikroskope).

HERTEL s. ob. (zwei Schrauben im Brennpunkte des Mikroskopoculars).

B. MARTIN s. ob. (eine Schraube im Brennpunkt, Messung der Bildgrösse auf 0,001 Zoll).

ADAMS *Micrographia illustrata* 1746 (feine Spitze durch Schraube geführt im Brennpunkte [Nadelmikrom.]).

BRANDER Beschreibung u. s. w. 1769 (Nadelmikrom.).

RAMSDEN bei ROY *an account of a measurement of a base on Hounslow Heath. Phil. Trans.* LXXV. 461* (1783) (Einführung des Ocularschrauben-Mikrometers mit beweglichen Fäden. s. a. ROY. *Phil. Trans.* 1790 p. III. und E. TROUGHTON ibid. 1809 p. 105).

Doppelbildmikrometer.

BRANDES Art. Heliometer in Gehl. n. ph. W. V. 221* (1829) (Beschreibung und Theorie des FRAUNHOFER'schen Heliometers).

SHORT *on* SERVINGTON SAVERY's *micrometer. Phil. Trans.* XLVIII. 167 (1753) (Vorschlag des Heliometerprincipes a. d. J. 1743).

BOUGUER (1698—1758) *De la mesure des diamètres des plus grandes planètes. Mém. de Par.* 1748 p. 25 (Heliometer aus zwei gleichen Objectiven). S. a. DE LA LANDE *astron.* p. 1945. 1960; *expos. du calcul astronomique* §. 222.

J. DOLLOND (1706—1761) *On the divided object-glass micrometer. Phil. Trans.* XLVIII p. 178 (1753) (Heliometer aus zerschnittenen Hälften e i n e s Objectives).

MASKELYNE *on* DOLLOND's *micrometer. Phil. Trans.* 1771. p. 536.

HALLENCREUZ et INSULIN de micrometro objectivo. Upsal. 1767. 4.

LAMBERT Beiträge zur Mathematik. 1773. III. Nr. 7.

HANSEN Ausführliche Methode, mit dem FRAUNHOFER'schen Heliometer Beobachtungen anzustellen. Gotha 1827.

BESSEL Vorläufige Nachricht von einem auf der Königsberger Sternwarte befindlichen grossen Heliometer. Schum. astr. Nachr. VIII. 397; Separ. Abdr. Altona 1830. 4.

YOUNG, DOLLOND d. Jüng. Eirometer s. HARTING Mikroskop S. 897* (Anwendung des Heliometerprincips auf d. Mikroskop).

W. PEARSON *Introd. to practical astronomy.* Lond. 1829 (Spaltung des Bildes hinter dem Objectiv).

RAMSDEN *On two new micrometers. Phil. Trans.* 1779. p. 419 (terrestr. Ocular mit Doppelbild; zerschnittene Spiegel eines Spiegelmikroskopes).

BREWSTER *double image telescope and coming up glass. Philos. instrum.* p. 173.

AIRY *Greenwich observations*, 1840, introd. p. 64 (Durchschnittenes terrestrisches Ocular).

AMICI's Mikrometer. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1848, S. 76*; v. ZACH Corresp. IX. 517 (getheilte Linse zwischen Objectiv und Ocular).
KAISER naturkundige Verh. d. Kön. Akad. 1857. VI (dem Airy'schen M. gleich).
CLAUSEN Schum. astr. Nachr. Nr. 414 (1841) (Spaltung des Bildes durch Einführung einer dicken Glasplatte).
SECHI *Sur un nouveau système de micromètres* (von PORRO) *pour les lunettes astronomiques. Compt. rend.* XLI. 906* (1855) (ähnlich CLAUSEN's M.).

AL. ROCHON (1741—1817) *Explication des usages auxquels on peut employer utilement les lunettes qui donnent deux images du même objet par l'effet de la double réfraction du cristal de roche.* Nova acta Petr. VI. hist. p. 37 (1788); *Rec. de mécan.*
AL. ROCHON *Mém. sur les verres achromatiques adoptés à la mesure des angles et sur les avantages, que l'on peut tirer de la double réfraction pour la mesure précise des petits angles. Mém. des soc. sav. et litter.* I. 201; Nichols. J. IV. 110; *Journ. de phys.* (1801) LIII. 169*; Gilb. Ann. IV. 300*, s. a. Gilb. Ann. XL. 141.
BREWSTER *Description of a new double image micrometer for measuring the diameter of celestical objects. Edinb. phil. j.* IX. 164.
PEARSON *On the double refracting power of rock crystal as a means of micrometrical measurement. Edinb. phil. j.* III. 189.
W. H. WOLLASTON (1766—1828) *The method of cutting rock crystal for micrometers. Phil. Trans.* 1820 p. 126.
G. DOLLOND (1774—1852) *An account of a micrometer made of rock crystal. Phil. Trans.* 1821. p. 101.
LEESON *Rep. of the meeting of the Brit. Ass. held at Southampton 1846* (Doppelbilder zur mikroskopischen Winkelmessung an Krystallen benutzt).

Objecttisch-Schraubenmikrometer.

DUC DE CHAULNES *Description etc.* s. ob. 1768.
B. MARTIN *Microscopium pantometricum, or a new construction of a micrometer adapted to the microscope.* London 1776.
Ueb. FRAUNHOFER'S, PLÖSSL'S u. s. w. M. s. HARTING l. c. S. 887* ff.

Rautennetze. Kreismikrometer.

CASSINI in ZANOTTI *la cometa dell' anno 1739.* Bologna.
BRADLEY (1692—1762) in SMITH *Optiks* II. 343.
SEGNER De extendendo campo micrometri. Comm. Gotting. 1751. I. 27.
SEGNER De parallaxi reticuli astronomici. Ibid. 1753. II. 100*.
POPOW Methodus observandi eclipses luminarium. Comm. nov. Petr. II. 414.
DAVID Rautenförmiges Mikrometer. v. ZACH's Corr. astr. VIII. 194.
FR. WOLLASTON (1731—1815) *A description of a new system of wires in the fecus of a telescope. Phil. Trans.* 1785. p. 346.
SMEATON *Equatoreal micrometer. Phil. Trans.* 1787. p. 318
FRAUNHOFER Schum. astr. Nachr. 1824. II. 372* (Netzgitter auf Glas).
STEINHEIL Ueb. ein neues Netzmikrometer. Schum. astr. Nachr. V. 259*.
DE LA LANDE Astron. p. 2510 (Kreismikrometer).
DELAMBRE *Astr. théor. et prat.* I. 94.
KÖHLER Verbesserte Mikrometer. Bode astr. Jahrb. 1785 S. 155 (Doppelkreis).
BURKHARD *Mém. sur les micromètres. Mém. prés.* 1805. p. 290.
BREWSTER *Description of the circular segment micrometer. Edinb. Journ. of sc.* I. 104.
BESSEL üb. Kreismikrometer. v. ZACH Corres. astr. XXIV. 425.
FRAUNHOFER Kreismikrometer. Schum. astr. Nachr. II. 51*. 361* (1824) (Kreismikrometer mit 9 Kreisen).
HANSEN ibid. II. 465* (FRAUNHOFER'sches Kr. M. mit 20 Kreisen).
Ueber FRAUNHOFER's Kr. M. s. a. CLAUSEN ibid. XVIII. 95*; VALZ und MOSSOTTI ibid. XI. 188*.
FRAUNHOFER's mikrometrischer Apparat für Fernröhre. ibid. XIII. 35*.

Mikrometer anderer Construction.

HUYGHENS Systema Saturnium 1659. Hag. Com. 4. (Dreieckige Oeffnung in dem Brennpunkte verschiebbar).
PICKEL De micrometris, quae filis constant in angulum coëuntibus dissertatio. Dilling. 1772.
HERSCHEL *Lampmicrometer. Phil. Trans.* 1782 p. 163.
Id. *Improvement of his angular micrometer. Phil. Trans.* 1785 p. 46.

Brewster *Rotatory micrometer with points. New phil. instr.* p. 55. 73 (Messung durch Drehung von Sehnen).
Welcker Zeitschr. für ration. Medic. X. Hft. 1 (Verbess. des vorigen).
Hodgson *Quarterly Journ.* 1856. XV. 211 (Veränd. des vorigen).
Helfenzrieder Tubus astronomicus amplissimi campi cum micrometro suo et fenestellis ocularibus. Ingolst. 1773. 4.
Wilcke Versuch eines neuen Perspectiv-Mikrometers, damit die Gegenstände, die man im Fernrohre oder Mikroskop findet, können abgezeichnet werden. Schwed. Abh. 1772. p. 56* (das Fadenkreuz mit einer Art Storchschnabel in Verbindung gesetzt).
Wilcke De novo telescopii usu ad objecta determinanda. Acta Erud. XL. 158.
Maskelyne *Prismatic micrometer. Phil. Trans.* 1777. p. 799 (Prisma die Axe des Instr. entlang geführt). (Boscovich's M.)
W. H. Wollaston *Description of a single lens micrometer. Phil. Trans.* 1813. p. 119 (Gleichzeitiges Sehen mit einem Auge durch eine Linse auf das Object und durch eine Oeffnung auf einen Maassstab).
Brewster *New phil. instr.* p. 417 (Abänderung des vorigen).
Babbage *Mem. of the astron. soc.* II. 101 (Zenith-Mikrometer).
Stampfer's M. Schum. astr. Nachr. XVI. 387* (Beob. von Encke mit St's M., bestehend aus einem in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheinenden Lichtpunkte, dessen Grösse beliebig geändert werden kann).
Th. Petroschewsky Beschreibung eines neuen Mikrometers. Pogg. Ann. CVII. 633* (1859) (Newton'sche Farbenstreifen zur Messung benutzt).
E. Knorr Bemerkungen üb. das neue Mikrometer des Hrn. Petroschewsky. Pogg. Ann. CXI. 125* (1860).

Einfache Messmethoden zur Bestimmung der Vergrösserung und Doppelsehen u. A.

Galilaei Nuncius sidereus p. 12 (Doppelsehen).
Keppler Dioptrice p. 45 (1611) (Doppelsehen).
Hook *Micrographia. Phil. Trans.* 1665 I. 123 (Doppelsehen).
Chr. v. Wolf (1679—1754) Elementa dioptricae probl. 38 (Doppelsehen).
Besecke Leipz. Mag. zur Naturgeschichte 1786 St. 1; Beob. und Entd. a. d. Naturkunde von der Berl. Ges. naturf. Fr. II. St. I. Nr. 13 (Doppelsehen); s. a. über Bestimmung der Vergrösserung durch Doppelsehen Harting l. c. S. 517*.

Leeuwenhoek (1632—1723) Ondervindingen en Beschouwingen. Delft 1694. p. 56.
Id. Ontledingen en Ontdekkingen. Leyden 1698, p. 37; Sendbrieven Delft, 1718. p. 404 (Vergleichung mit Naturobjecten).
James Jurin (1684—1750) *Dissertations upon physico-mathematical subjects.* 1732. p. 45 (Vergleichung mit Silberdraht von gemessener Dicke).

Adams Auzometer. *Journ. de phys.* 1783. p. 65 (Vergröss. berechnet durch Ausmessung der Objectivöffnung und der Bildgrösse).
Ramsden's Dynameter. *Edinb. phil. journ.* Nr. 15, p. 183 (Abänderung des vorigen).
Bessel Königsb. astron. Beob. 9, p. 6 (andere Messung der Bildgrösse für die Berechnung der Vergrösserung).

Schröter Beiträge zu den neuesten astron. Beobachtungen I. 210 (Vergröss. bestimmt durch Projection des Bildes eines Gegenstandes [Sonne] von bekanntem Durchmesser).
Valz Schum. astr. Nachr. VII. 204* (dasselbe Verfahren).
Place l. c. p. 27* (Einfache Projection des Bildes im Mikroskope); s. a. über Bestimmung der Vergrösserung durch Projection Harting l. c. S. 518*.

§. 179. Besondere Messwerkzeuge zu verschiedenen Zwecken. Zirkel, Dicken-, Weiten-, Tiefen-, Höhen-, Distanz-Messer.

Im Vorigen sind die Werkzeuge genannt, welche zur Ausführung feiner Längenbestimmungen Verwendung finden. Theils sind aber jene Instrumente nicht bequem, um in gewissen Fällen eine Messung auszuführen, theils bedarf es häufig keiner so feinen Messung, wie jene Apparate bezwecken, sondern es wird eine leichtere, wenn auch weniger genaue Messmethode gewünscht. Im Nachstehenden sollen nun einige der einfacheren Hülfsmittel zur Ausmessung

einer Länge und einige Vorrichtungen beschrieben werden, die zur Lösung dieser Aufgaben in bestimmten concreten Fällen gebräuchlich sind.

Wenn der zu messende Gegenstand nicht unmittelbar auf den getheilten Maassstab zu legen ist (und zu dieser Art Messung würde man die mikroskopische Messung eines Objectes auf dem Objecttisch-Glasmikrometer, oder die Messung der Fernrohr- und Mikroskopbilder im Oculare rechnen können), so muss die zu messende Länge übertragen werden, indem man sich zwei Punkte gleichen Abstandes wie die zu messende Länge verschafft und diesen Abstand dann an einem Maassstabe misst (s. §. 110).

Hierzu dienen zunächst die Zirkel, zwischen deren Spitzen (Winkel- und Stangenzirkel) oder deren Sehrichtungen (dioptrischer Stangenzirkel) man die zu messenden Längen fasst; die Vergleichung des Abstandes der Spitzen oder der Sehrichtungen mit einem Maassstabe giebt die zu messende Länge.

Häufig ist der Zirkel gleich mit einem Maassstabe verbunden, an dem die Stellung der Spitzen oder Sehrichtungen abgelesen werden kann.

Die Form der Instrumente, welche als Zirkel die geradlinige Distanz zweier Punkte einer zu messenden Länge feststellen soll, wird je nach der Form des Körpers und der Lage der zu messenden Punkte an demselben verschieden sein müssen, und hiernach unterscheidet man eine grosse Zahl von Vorrichtungen, die zur Lösung der Aufgabe unter bestimmten Verhältnissen, z. B. zur Messung der Dicke eines Körpers, der Weite einer Höhlung u. s. w. verwendet werden, wo sich die gewöhnlichen Einrichtungen, die ein geradliniges Abstecken auf einer Ebene oder geradliniges Visiren gegen dieselbe voraussetzen, wie z. B. der Stangenzirkel, nicht brauchbar erweisen würden. Als die hauptsächlichsten Arten dieser Instrumente würden zu nennen sein: Dickenmesser (Zapfenmesser, Sphärometer, Taster), um den Abstand zweier auf gegenüberliegenden Stellen eines Körpers befindlichen Punkte zu messen; Tiefenmesser (Weiten-, Lückenmesser), um den Abstand zweier Punkte innerhalb eines Hohlkörpers, oder die Lücke zwischen zwei Körpern zu messen; Kathetometer zur Bestimmung des Vertikalabstandes zweier Punkte, namentlich in Flüssigkeitsäulen. Bei allen diesen Instrumenten wird die zu messende Dimension in ihrer ganzen Ausdehnung direkt von dem Messapparate abgesteckt und gemessen. Endlich aber bilden Distanzmesser und Höhenmesser noch eine davon abweichende Klasse von Instrumenten zur Messung von Längen, bei welchen diese nicht direkt, sondern durch Rechnung aus Winkelmessungen gefunden werden.

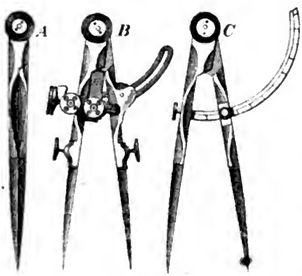


Fig. 29.

a. Winkelzirkel (Schenkelzirkel) dienen in der Regel nur zum Abstecken einer Länge, entweder mit einfacher Bewegung aus freier Hand (*Fig. 29 A*), oder indem zur feinen Einstellung durch eine Mikrometerschraube die Entfernung der Schenkel bewirkt werden kann (*Fig. 29 B*). Die gleiche Entfernung muss dann gefunden werden, indem man die Spitzen des Zirkels an die Theilung

eines Maassstabes legt. Zu manchen Zwecken ist es aber bequem, gleich aus der Oeffnung des Zirkels den Abstand der Spitzen zu ersehen, und dies kann geschehen, indem an einen Schenkel ein Gradbogen befestigt wird (*Fig. 29 C*), dem entlang der zweite Schenkel sich dreht; auf dem Gradbogen ist dann der Winkel für die Oeffnung des Zirkels, oder bequemer der diesem Winkel und der Länge der Zirkelschenkel entsprechende Werth desselben abzulesen. Ein Winkelzirkel zur genauen und messbaren Veränderung seiner Oeffnung oder des Werthes des zwischen den Spitzen liegenden Abstandes wird durch die Verbindung desselben mit der Mikrometerschraube (*Fig. 29 B*) bewirkt, für welche der Werth einer Umdrehung, die an dem getheilten Schraubenkopfe zu beobachten ist, auf dem in §. 172 angegebenen Wege ermittelt wird.

b. Stangenzirkel sind entweder auch nur dazu bestimmt, eine Länge durch Verschiebung der auf der Stange befestigten Spitzen abzustecken und dann ihren Werth an einem Maassstabe zu ermitteln, oder, und dies lässt sich hier mit grosser Genauigkeit ausführen, die Stange trägt zugleich eine Theilung, um die Stellung der Spitzen, d. h. den Werth der abgesteckten Länge abzulesen. Die Führung einer oder beider Spitzen durch eine feine Schraube wird für feinere Absteckungen benutzt und es ist klar, wie die Schraube zugleich als Mikrometerschraube zur Bestimmung kleiner Verschiebungen dienen kann. *Fig. 30 A* ist ein gewöhnlicher Stangenzirkel mit getheilter Stange, mit einer festen und einer verstellbaren Spitze; *Fig. 30 B* ein besseres Instrument mit Stellung einer Spitze durch Mikrometerschraube. *Fig. 30 C* ein feinerer Stangenzirkel (von BAUMANN in Stuttgart), bei welchem die Verschiebung der Spitze *b* durch die Mikrometerschraube gemessen, die genaue Uebereinstimmung der Spitzen mit den Punkten, auf welche sie gelegt worden, durch Loupen beobachtet werden kann.

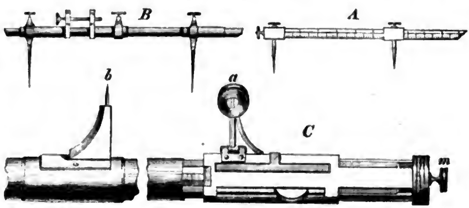


Fig. 30.

Denkt man an Stelle der Spitzen zwei Mikroskope, deren Sehrichtungen den zu messenden Abstand umspannen, so hat man den TROUGHTON'schen dioptrischen Stangenzirkel, dessen oben erwähnt ist (s. §. 173).

c. Proportionalzirkel, Pantograph, sind zwar keine eigentlichen Messwerkzeuge, aber schliessen sich den Zirkeln an, insofern sie zur Uebertragung von Dimensionen in gleichem oder proportional verändertem Grössenmaassstabe dienen.

Der Proportional- oder Reductionszirkel *Fig. 31 A* dient zum Abstecken einer Länge, etwa ab, die in dem $n$ten Theile ihrer Grösse aufgetragen werden soll, wozu das Verhältniss der Schenkellängen $\frac{ea}{ed} = n$ durch Versetzung des Drehungspunktes gemacht wird und dann $cd = \frac{ab}{n}$ ist; umgekehrt kann natürlich auch eine proportionale Vergrösserung ermittelt werden. Der Proportionalzirkel von der Form der *Fig. 31 B* dient dazu, mittelst eines gewöhnlichen Zirkels proportionale Längen abzustecken. Bei Oeffnung des Lineales durch Drehung um das Centrum k entfernen sich die Punkte f und g so viel weiter von einander, als h von i, wie fk den Abstand hi übertrifft. Sollen also Längen auf $\frac{f}{n}$ reducirt werden, so wird f von g bis zu der

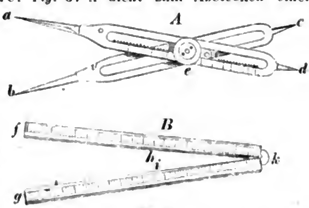


Fig. 31.

mit dem Zirkel gemessenen Länge von einander entfernt, und auf dem $\frac{1}{n}$ von fk näher bei k liegenden Theilpunkte ist dann die Entfernung der gegenüberliegenden Punkte $hi = \frac{fg}{n}$.

Der Pantograph oder Storchschnabel dient bekanntlich zum Uebertragen von Zeichnungen nach einem beliebig zu reducirenden Maassstabe. Die *Fig.* 32 *A* und *B* stellt zwei gewöhnliche Formen des Storchschnabels dar, *Fig.* 32 *A* Storchschnabel mit 2, *Fig.* 32 *B* desgleichen mit 4 Linealen. Aus den Figuren selbst leuchtet ein, warum aus der Aehnlichkeit von Dreiecken folgt, dass bei einer Drehung der Vorrichtungen um das feste Centrum *C* ein etwa in *D* befestigter Schreibstift und eine mit *E* um eine Zeichnung geführte Spitze stets proportionale Wege durchlaufen müssen. Auf demselben Princip beruhende Instrumente, welche eine Reduction nach allen 3 Dimensionen des Raumes gestatten, werden gleichfalls Pantographen genannt (s. Literatur).

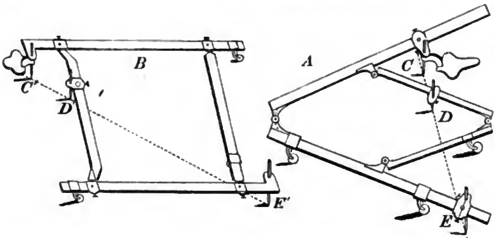


Fig. 32.

d. Dickenmesser, Zapfenmesser, Sphärometer. Instrumente zur Bestimmung von Körperdurchmessern sind für die mannigfaltigsten technischen und wissenschaftlichen Zwecke erforderlich. Zur Messung der Axendurchmesser braucht der Uhrmacher und Mechaniker Zapfenmesser, zur Messung von Wandstärken, Blechdicken u. s. w. dient der Dickenmesser (Blechlehren), die Oberflächengestalt (die sphärische Krümmung) wird durch das Sphärometer geprüft. Aehnliche Aufgaben sind für wissenschaftliche Untersuchungen zu lösen, z. B. die Dicke von Drähten für Feststellung der Leitungsgesetze des elektrischen Stromes, die Dicke von Krystallplatten für Ermittelung optischer Gesetze zu messen. Einige feinere Instrumente wurden bereits vorher genannt (§. 173).

Die einfachsten, aber auch ungenauesten Dickenmesser würden Zirkel sein, deren Schenkeln eine passende Form gegeben wird, um die Spitzen, mit Umgehung der nicht in Betracht kommenden Körpertheile, an die in ihrem Abstand zu prüfenden Punkte anzulegen, wie z. B. der Zirkel *Fig.* 33 *A* mit gekrümmten Schenkeln, bei dem der gefundene Spitzenabstand mit einem Maassstabe verglichen werden muss, oder der dem Stangenzirkel ähnliche Zirkel *Fig.* 33 *B* (Schnabelmaass, Schustermaass, Schublehre), bei welchem der zu messende Durchmesser zwischen die Schnäbel geklemmt wird und die Distanz an der auf dem Zirkel aufgetragenen Theilung selbst ablesen lässt. Zu feineren Messungen reicht dies nicht aus und werden zur genaueren Messung kleiner Dimensionen in verschiedener Weise construirte mikrometrische Vorrichtungen oder nach Art des Fühlhebels wirkende Einrichtungen verwendet.

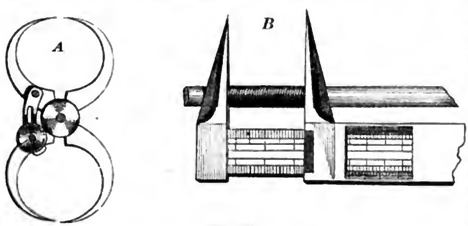


Fig. 33.

Ein einfaches Mittel, Drahtdicken durch Vervielfältigung der Messung genauer wie durch die Messung des einzelnen Drahtes zu erhalten, gab zuerst Jurin an: Aufwindung vieler,

etwa n Windungen eng nebeneinander auf einen Cylinder und Messung der Dicke aller $= a$ auf einmal (wozu das vorher genannte Schenkelmaass, welches mit Vernier versehen auf Zehntel ^{mm} abzulesen erlaubt, sehr brauchbar ist, s. *Fig. 33 B*); die Dicke des einzelnen Drahtes ist dann $\frac{a}{n}$.

Ein kleiner Zapfenmesser, der sich in der Kieler Universitätssammlung befindet und, weil er die gemessene Dicke in vergrössertem Maassstabe sichtbar macht, zu recht genauen Bestimmungen führt, ist der in *Fig. 34* abgebildete. *B* ist eine am Apparate befestigte Schneide, *A* eine um *C* drehbare, welche durch die Feder *F* gegen *B* angedrückt erhalten wird, bis man den Hebel *CH* mit *H* nach H_1 bewegt; dann entfernt sich *A* von *B* und kann der zu messende Zapfen dazwischengelegt werden. Der Hebel *CH* trägt einen verzahnten Bogen *G*, welcher ein um den Mittelpunkt *M* drehbares Zahnrad mitnimmt. Der Bewegung von *H* nach H_1 entspricht eine Drehung des Zahnrades und des an ihm befestigten Zeigers *Z* einmal um die Axe. Gleiche Drehungen von *Z* entsprechen gleichen Aenderungen der Entfernung von *A* und *B*. Die Scheibe, auf welcher der Zeiger sich dreht, ist in 80 Theile getheilt, welche durch Schätzung noch leicht in kleinere Theile zu zerlegen sind. An dem beschriebenen Instrument ist der Werth jedes Grades der Theilung (ermittelt durch Messung von genau bekannten Dicken) $= 0{,}03756^{mm}$ und da Viertelgrade sehr gut geschätzt werden können, reicht das Instrument zu Bestimmungen auf Hunderttheile des Millimeters aus.

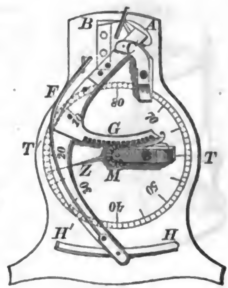


Fig. 34.

Auf einem ähnlichen Principe beruht ein Instrument, welches ich bei dem Optiker SCHRÖDER in Hamburg sah; man könnte es einen optischen Zapfenmesser nennen, welcher, sobald man die von GAUSS und WEBER eingeführte Spiegelmessung damit verbindet, einen beliebigen Grad von Genauigkeit der Messung gestatten würde. Zwei vertikale Spiegel, *ac* und *cb* (*Fig. 35*), sind an einem Gestell so befestigt, dass *cb* um die vertikale Axe drehbar ist, aber durch eine Feder *g* in dieselbe Ebene mit *ac* geführt wird. Auf ihrer Rückseite tragen die Spiegel zwei Schneiden *s* und s_1, welche sich, sobald die Spiegel eine Ebene bilden, genau berühren; wird ein zu messender Körper *h* zwischen die Schneiden gebracht, so wird *cb* gegen *ac* um einen Winkel α gedreht, und ein Beobachter bei *f* sieht also, in bestimmter Richtung *fc* nach den Spiegeln visirend, je nach der

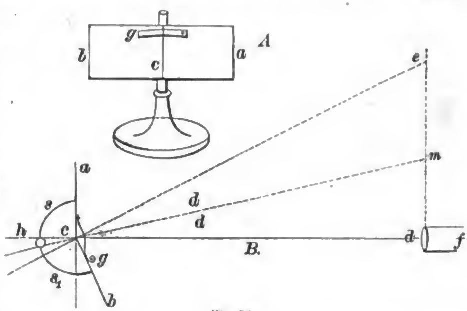


Fig. 35.

Grösse von α einen mehr oder weniger von *f* entfernten Punkt vom Spiegel *cb* reflektirt. Dass zwei Körper, z. B. zwei Zapfen, genau gleiche Dicke haben, ergiebt sich daraus, wenn man bei *f* denselben Punkt *e* von *c* her reflektirt sieht, nachdem successive beide Zapfen statt *h* eingeklemmt waren.

Es ist aber einleuchtend, dass auch eine sehr genaue Messung bewirkt werden könnte, wenn hinlänglich entfernt von den Spiegeln ein Fernrohr bei *f* und neben demselben eine Theilung *de*

aufgestellt würde. Aus den zu ermittelnden Entfernungen $cs = r$ und $cd = R$ einerseits und der an de zu beobachtenden Drehung des Spiegels andererseits wäre der Abstand ss_1 oder die Dicke von h zu berechnen, die für kleine Winkel α und für grosse Entfernungen R sehr nahe $= \frac{r}{R} \cdot \frac{m}{2}$ zu setzen ist, aber auch genau gefunden werden kann, da α aus $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{m}{R}$ bestimmt ist und sich dadurch der Werth von $h = 2r \sin \frac{1}{2} \alpha$ ergiebt.

Ein einfaches Sphärometer von einer gebräuchlichen Form zeigt die *Fig. 36*. Auf einer ebenen Unterlage steht das dreifüssige Gestell abc, durch dessen als Schraubenmutter dienende Mitte die Mikrometerschraube s hindurchgeht. Concentrisch mit der Axe von s und an derselben ist der Theilkreis k befestigt, der zusammen mit der Schraube am Kopfe m gedreht werden kann. Neben k ist am Gestell eine verticale Theilung t befestigt, an welcher jede volle Umdrehung des Kreises k und zugleich durch die bei t vorbeigehende Theilzahl des Kreises jede partielle Umdrehung beobachtet wird. Hat z. B. die Schraube eine Ganghöhe von $0{,}2^{mm}$ und ist k in 400 Theile getheilt, so würde jeder bei t vorbeigehende Theilstrich von k eine Hebung oder Senkung der Schraube von $0{,}0005^{mm}$ bedeuten. Soll nun die Dicke einer Platte P bestimmt werden, so wird die Schraubenendigung erst mit P in Berührung gebracht und die Stellung von k beobachtet, dann P hinweggenommen, die Schraube bis zur Unterlage fortgeführt und k abermals abgelesen.

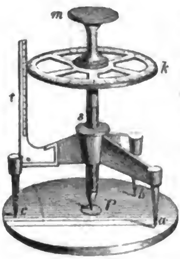


Fig. 36.

Complicirter, aber genauer wird die Vorrichtung, wenn der Moment der Berührung durch einen Fühlhebel angegeben wird, was z. B. dadurch geschehen könnte, dass die Endigung der Schraube sich mit geringer Reibung in der hohlen Schraubenaxe erhielte, aber, sobald ein Körper berührt würde, mit einem oben etwa bei m herausragenden Ende auf einen Fühlhebel wirkte.

Einer derartigen Sphärometerconstruction, speciell zur Prüfung von Linsenkrümmungen, bedient sich der Optikus Schröder in Hamburg; die *Fig. 37* giebt schematisch die Verbindung der Theile an. Die zu prüfende Linse l wird in einen Ring ab gelegt, welcher für Linsen verschiedenen Durchmessers gegen andere Ringe vertauscht werden kann. Die Ringe werden in ein solides Gestell geschoben und bilden alsdann mit ihrem oberen Rande genau horizontale Ebenen. An dem Gestelle ist eine Schlittenvorrichtung ed angebracht, welche durch die am Gestell befestigte Mikrometerschraube m geführt wird. Die Mutter dieser Schraube ist bei h am Schlitten und die Führung g am Gestell des ganzen Instruments befestigt. Am Schlitten ist eine Axe o, um welche sich der Hebel qor dreht, der bei q und r Theilungen trägt, die gegen andere am Schlitten befindliche Theilungen s und t spielen. In einer Hülse i am Schlitten liegt der Stahlstift np, der sich mit äusserst geringer Reibung in der Hülse bewegt und mit dem untern Punkte p nahe beim Drehungspunkte o auf dem Hebel ruht; die Längsaxe pn geht durch das Centrum der Linse.

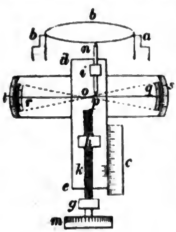


Fig. 37.

Wird der Schlitten aufwärts geschraubt, so giebt der Stift np den Moment der Berührung durch Bewegung des Fühlhebels qor an, und bemerkt man gleichzeitig die Stellung des Fühlhebels auf seinen Theilungen und die Stellung der Mikrometerschraube, für welche letztere die ganzen Umdrehungen durch eine neben dem Schlitten am Gestell befindliche Theilung c ähnlich t in *Fig. 36* abgelesen werden, während die Theile der Drehung wie gewöhnlich durch den getheilten Kopf m bestimmt sind.

Wird nun statt der Linse ein Planglas auf den Ring gelegt und wieder bis zur Berührung mit diesem und genau gleicher Einstellung des Fühlhebels der Schlitten bewegt, so ist die

Differenz der nun zu machenden Ablesung und der vorigen offenbar die Krümmung der Linse unterhalb der Ebene des Ringes *ab*.

Die Instrumente zur Bestimmung der Wandstärken, Blechdicken u. s. w. sind gewöhnlich roher, weil es in der Praxis selten auf äusserste Genauigkeit ankommt, man also mit Tastern, Schnabelmaassen u. dergl. Hülfsmitteln auskommt. Indessen sind doch auch feinere Werkzeuge zu diesen Zwecken angegeben worden, z. B. die Blechlehre von Palmer, die eigentlich nichts andres ist, als eine constructive Aenderung des Sphärometers. Wird das zu messende Blech zwischen die ebenen Platten *PP* (*Fig.* 38) gelegt und die Mikrometerschraube *M* bis zur Berührung des Bleches abwärts bewegt, so giebt die Stellung des Kopfes *K*, an welchem die Schraubenspindel befestigt ist, durch eine an der unteren Kante von *K* angebrachte Theilung und den die ganzen Umdrehungen der Schraube anzeigenden Index *II* die Blechdicke an. Die Zeichnung *Fig.* 38 *a* zeigt, wie innerhalb des Kopfes *K* der inwendig als Mutter dienende Index *II* und die Schraube *MM* gelegen ist; *Fig.* 38 *b* zeigt den Index mit der darin liegenden Schraube für sich.

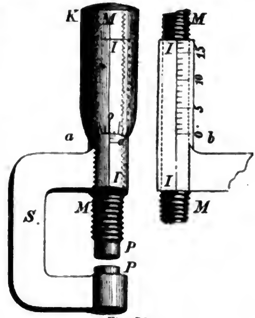


Fig. 38.

e. Weiten-, Tiefen-, Lücken-Messung.

Die Umkehrung der Aufgabe der Dickenmessung, nämlich den Hohlabstand zwischen zwei Körperoberflächen zu messen, kommt minder häufig vor; einige hierzu gebrauchte Hülfsmittel ergeben sich fast unmittelbar aus dem Vorigen. Zur Zirkelmessung muss der Schenkelzirkel nach aussen gebogene Spitzen erhalten (*Fig.* 39 *A*), deren Abstand, nachdem sie mit den Punkten der Höhlung in Berührung gebracht waren, an einem Maassstabe zu ermitteln ist. Sandberger's Zirkel, der zur Messung von Erhabenheiten und von Vertiefungen bei Naturobjecten bestimmt ist, ist, wie *Fig.* 39 *B* zeigt, nur ein für diesen Zweck abgeändertes Schnabelmaass.

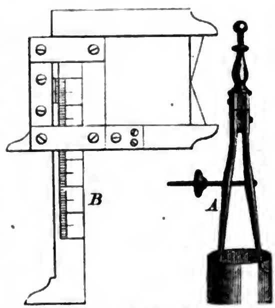


Fig. 39.

Zur Messung sehr kleiner Lücken zwischen festen Körpern sind verschiedene indirekte Messungsmittel vorgeschlagen worden, welche darauf hinauslaufen, einen keilförmig oder konisch geformten Körper bis zur Ausfüllung der Lücke einzuschieben und dann die Dicke des Keiles oder Kegels an der Berührungsstelle, welche der Lücke gleich ist, zu ermitteln.

Ebenso wird die Weite von Gefässen indirekt durch Dickenmesser gefunden werden, indem man erst den äusseren Durchmesser und dann die Wandstärken ausmisst.

f. Für specielle physikalische Untersuchung wichtige Instrumente sind die Kathetometer, welche übrigens in ihrer Construction sehr übereinstimmend und kurz als dioptrische Stangenzirkel bezeichnet werden können. Die Zeichnung *Fig.* 40 (S. 548) stellt ein Kathetometer dar, welches von Gambey construirt wurde (vergl. V. Regnault *Mém.*). Ein Gestell, dessen Säule *ab* durch Beobachtung der am Fusse der Säule angebrachten Wasserwaage *w* genau vertikal gestellt werden kann, trägt einen getheilten Maassstab *tt*, der parallel mit *ab* befestigt und um die Axe von *ab* drehbar ist. Bei vertikaler Stellung dieser Axe wird sich also *t* ebenfalls vertikal auf dem Umfange eines Cylinders drehen. An *t* ist ein Fernrohr *f* angebracht, an welchem die horizontale Richtung der Axe durch eine Wasserwaage *v* controllirt wird und welches, in beliebigen Höhen von *t* festzustellen, durch eine

Mikrometerschraube *m* alsdann um kleine Grössen längs der Theilung zu verschieben ist. Die Einstellung des Fernrohres auf zwei Punkte in verschiedener Höhe giebt unmittelbar den vertikalen Höhenunterschied durch die Ablesungen der Fernrohrstellungen am Maassstabe. GAMBEY's Kathetometer erlauben mittelst Verniers $^1/_{50}$ mm abzulesen; PERREAUX hat neuerdings dergleichen Instrumente bis auf 0,005 mm abzulesen construirt, eine überflüssige Feinheit, da die optische Wirkung des Fernrohres hiermit nicht Schritt hält. Dagegen ist die von PERREAUX an so gut getheilten Instrumenten angebrachte Vorrichtung zweckmässig, durch welche das Kathetometer auch als Comparateur und als Theilmaschine zu benutzen ist; zu diesem Zwecke trägt die Theilung ein Reisswerk, dessen Schneidevorrichtung mit der Axe des Fernrohres am Kathetometer zusammenfällt.

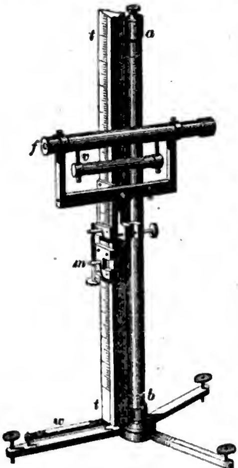


Fig. 40.

g. Die Messung grosser Dimensionen: Wegestrecken, Distanzen, Höhen, Tiefen (des Meeres), kann hier nur eine ganz allgemeine Andeutung finden, da theils andere als die erwähnten Methoden und Instrumente zur Messung hierzu nicht verwendet, sondern nur in angemessener Weise combinirt werden, theils dieser Gegenstand rein praktischen Disciplinen zufällt.

Die Ausmessung grosser Längen auf der Erdoberfläche, die Bestimmung von Wegestrecken und sonstigen Entfernungen geschieht entweder direkt durch Abstecken mit der Messkette, durch Abschreiten, Abrollen von Rädern und ähnliche Hülfsmittel (Hodometer), oder indirekt durch trigonometrische Messungen, indem von einer gemessenen Längenbasis aus durch Winkelmessungen Dreiecksnetze construirt und in die Scheitelpunkte zweier Dreiecke die in ihrer Entfernung zu bestimmenden Punkte gelegt werden; durch Berechnung der Dreiecke werden die linearen Dimensionen gefunden. Die Feldmesskunst und die Geodäsie behandeln die verschiedenen Methoden dieser Messungen.

Eine specielle Aufgabe hat hierbei ein allgemeines Interesse, nämlich entweder eine Entfernung oder die Grösse eines Gegenstandes von einem Standpunkte aus zu finden. Hierzu dienen die Distanzmesser und einige Höhenmesser genannte Instrumente, bei denen stets eine Winkelmessung stattfindet, sei es direkt die Messung eines Winkels am Theilkreise, oder indirekt die Messung der Grösse eines Objectes, welche ja auch nichts anderes als die Messung eines Winkels ist.

Die Beschreibung einiger Apparate dieser Klasse wird genügen, während bezüglich der vielen abweichenden Constructionen auf die Literatur verwiesen wird.

Eine direkte Winkelmessung und trigonometrische Berechnung einer Dreieckseite findet bei Instrumenten statt, deren Einrichtung durch die schematischen Zeichnungen *Fig. 41 A* und *B* (S. 549) angedeutet ist. Wäre *ed* die zu messende Distanz, der Punkt *d* in der Horizontalebene gelegen, in welcher das Fernrohr oder Diopter den Punkt *d* markirt, und würde auf der vertikalen Linie *ec* über *c* durch ein zweites Diopter oder Fernrohr *ab* nach dem Punkte *d* visirt und der Winkel $ecb = \alpha$ an einer Gradtheilung *pq* bestimmt, so ist $ed = ec \operatorname{tg} \alpha$. Da *ec* bei demselben Instrumente gleichbleibend ist, so kann statt der Gradtheilung sogleich die einem bestimmten Winkel α entsprechende Entfernung *ed* auf *pq* aufgetragen werden. Ganz ebenso geschieht die Messung mit der Vorrichtung *Fig. 41 B*, bei welcher nur nicht auf den Fusspunkt eines entfernten Gegenstandes visirt zu werden braucht. Soll die Distanz *ki* gefunden werden, so visirt man durch das horizontale auf vertikalem Stative befestigte Fernrohr *fg* nach *i*; ein Planspiegel *h* ist um eine horizontale Axe drehbar und kann so gestellt werden, dass die von *i* kommenden Strahlen von *h* nach *k*, einem zweiten im Fernrohre

befindlichen unter 45° gegen die Fernrohraxe geneigten Spiegel und von diesem in das Auge des Beobachters bei f reflektirt werden. Aus der Drehung des Spiegels h, welche erforderlich ist, um das über h und k reflektirte Bild von i mit dem direkt gesehenen Gegenstand i zur Deckung zu bringen, ergiebt sich der Winkel $khi = \varphi$ und somit wieder $ki = kh$ tang φ. (Distanzmesser von Martins.)

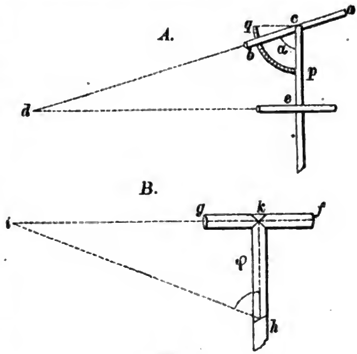


Fig. 41.

Die Distanzmesser, bei denen die Bildgrösse gemessen wird, setzen zur Bestimmung der Entfernung die Bekanntschaft mit der Grösse des Objectes oder umgekehrt voraus. Wenn Entfernung und Objectgrösse unbekannt sind, so muss eine Wiederholung der Messung unter veränderten Umständen gemacht werden.

Ist cd (*Fig.* 42) ein Object, nach welchem man von e aus sieht, und ist die Sehne des Gesichtswinkels ced in der Entfernung fe vom Auge durch Messung $= ab$ gefunden, so hat man $ef : ab = eg : cd$; mit bekanntem cd wird also $eg = ef \cdot \frac{cd}{ab}$ gefunden, mit bekanntem eg aber $cd = ab \frac{eg}{ef}$.



Fig. 42.

Hierdurch ist die Methode der Distanzmessung für alle Instrumente angedeutet, bei denen die Bildgrösse ab in der Brennweite ef gemessen werden kann, oder bei denen ohne optische Hülfsmittel mit blossem Auge über feste in bestimmter Entfernung vom Auge e befindliche Marken ab nach den Gränzen cd des Objectes visirt wird. Jedes Fernrohr mit Mikrometereinrichtung zur Messung der Bildgrösse kann also zur Distanzmessung dienen. Am bequemsten sind Glasmikrometer, bei denen der Werth der Theilung durch Versuche ermittelt wird, indem man auf Objecte bekannter Grösse in gemessener Entfernung visirt; die scheinbare Grösse dieses selben Objectes giebt dann unter andern Bedingungen sofort die Entfernung an.

Ist die Objectgrösse h in *Fig.* 43 und die Entfernung AB unbekannt, so ist, indem man in derselben Vertikalebene an zwei in gemessener Entfernung a von einander befindlichen Punkten die Messung wiederholt, sowohl h wie $AB = x$ zu bestimmen, indem sich aus den beobachteten oder aus der Aenderung der Bildgrösse zu berechnenden Winkeln α und β, wie leicht ersichtlich,

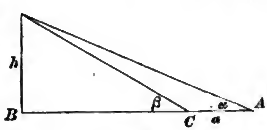


Fig. 43.

$$x = \frac{a \ \text{tang}\, \beta}{\text{tang}\, \beta - \text{tang}\, \alpha}$$

und

$$h = x \ \text{tang}\, \alpha = (x - a) \ \text{tang}\, \beta$$

findet.

Ein anderes Mittel, die unbekannte Entfernung x bei unbekannter Objectgrösse y zu finden, ist von Grunert und neuerdings von Biagio de Benedictis vorgeschlagen. Es besteht darin, die Bildgrösse b resp. b_1 in zwei Fernröhren sehr verschiedener Brennweite a resp. a_1 zu messen. Da nämlich sehr nahe $b = \frac{a}{x - a} y$ in dem einen, und $b_1 = \frac{a_1}{x - a_1} y$ in dem andern Fernrohr ist, so ergiebt sich

$$x = \frac{b_1 - b}{\frac{a}{a_1} b_1 - b} a.$$

Grosse Genauigkeit kann durch die Distanzmesser nicht erreicht werden, da bei den Instrumenten mit direkter Winkelmessung kleine Fehler in der Winkelbestimmung, bei den Instrumenten mit Bildmessung kleine Ungenauigkeiten in der Bestimmung der Bildgrösse erhebliche Unterschiede in der Berechnung der Entfernung bedingen.

Es ist nach dem Gesagten selbstverständlich, dass für manche Höhenmessungen dieselben Instrumente wie zur Distanzmessung dienen können. Die Methoden zur genauen Höhenmessung durch trigonometrische Operationen gehören in die Geodäsie und von den indirekten Höhenmessungen durch Barometer und Thermometer wird bei der Besprechung dieser Instrumente die Rede sein.

Zur Ausmessung der Meerestiefen dient das Senkblei oder andere Sondirungsvorrichtungen, die auch wohl mit dem Namen Bathometer bezeichnet werden *. Im Wesentlichen kommen nur zwei Methoden in Betracht, so verschieden auch die Construction der Apparate ist, entweder wird die Länge der vom Senkblei mitgenommenen Leine gemessen und daraus mit möglichster Berücksichtigung der Abweichung der Leine von der Senkrechten die Tiefe berechnet, oder man beobachtet die Zeit, welche das Loth braucht, um zum Meeresgrunde zu gelangen. Grosse Genauigkeit kann bei Sondirung grosser Tiefen nicht erwartet werden, weil ein möglicherweise durch submarine Strömungen veranlasstes ganz unregelmässiges Abtreiben der Leine, oder Fallen der Sonde unter schiefen Winkeln, nicht in Rechnung gezogen werden kann.

Literatur zu §. 179.

Messwerkzeuge und deren Gebrauch im Allgemeinen.

Th. Young l. c. II. 144 * *Geometrical instruments in general* (ältere Literatur bis 1807).
Schubarth Repertorium der technischen Literatur. Berlin 1856. 8. S. 567 *. 587 * (neuere Literatur).
Bion *De la construction et des principaux usages des instrumens de mathématique.* Haye 1723. 4.; engl. Uebers. *On mathematical instruments.* London 1758. Fol. (Deutsche Uebersetzung als „Mathematische Werkschule“ von Doppelmayer).
Adam's *Geometrical and graphical essays by* Jones. London. 2 Vol. 8. (übers. von Geissler) Leipzig 1795.
Dasselbe Werk 4th edition by Jones, London 1813. 8. Plates 1 Vol. 8.
H. C. W. Breithaupt Magazin für das Neueste aus der Mathematik. Leipzig 1805.
Fr. W. Netto Handbuch der gesammten Vermessungskunde. Berlin 1820. 8. 1 Vol.
G. Altmüller Beschreibung der Werkzeugsammlung des k. k. polytechnischen Institutes. Wien 1825, mit 8 Kupfert.
Barfuss Handbuch der Messkunde.
Hunaeus Lehrbuch der praktischen Geometrie. Hannover 1848.
Winkler Praktische Geometrie. 3. Aufl. Wien 1846.
Lemoch Lehrbuch der praktischen Geometrie. Wien 1849.
C. F. Schneitler Die Instrumente und Werkzeuge der höheren und niederen Messkunst. Leipzig 1. Aufl. 1848. 3. Aufl. 1858.
F. Hartner Handbuch der niedern Geodäsie. 2. Aufl. Wien 1856 * (erste Aufl. 1850).
G. C. K. Hunaeus Die geometrischen Instrumente der gesammten praktischen Geometrie. Hannover 1863. 8.
(In den Lehrbüchern Citate vieler andern Lehrbücher von Umpfenbach, Bauernfeind u. s. f.)

Zirkel.

Th. Young l. c. II. 144 * ältere Literatur.
Schubarth l. c. 1006 *. 1029 * neuere Literatur.

Proportionalzirkel. Pantograph.

Pater Scheiner (1575—1640) Erfinder des Pantographen in Pantographia sive ars nova delineandi. 1631.

---

* Bathometer heissen auch Apparate, die zum Aufbringen des Meerwassers aus der Tiefe dienen, um dasselbe überhaupt untersuchen, namentlich auch seine Temperatur messen zu können.

Th. Young l. c. II. 144 * ältere Literatur.
Schubarth l. c. 646 * neuere Literatur.

Dicken-, Zapfen-Messer. Sphärometer. Lehren.

Jam. Jurin *Dissertations upon physico-mathematical subjects.* 1732. p. 45 (Drahtdicke durch Messung vieler Umwindungen. cfr. Harting Mikroskop 877 *. Place Glasmikrometer S. 40).
J. G. Prasse's Zapfenzirkel in Geissler's Lehrbegriff der Uhrmacherkunst. V. 129.
Berthoud's Mikrometerzirkel in dessen *Mesure du tems* p. 148 und Geissler l. c. III. 130.
Bienaimé *Bull. de la Soc. d'encour.* XXX. 179; Dingl. pol. J. XLIV. 115.
C. Zinken Akribometer. Pogg. Ann. XXII. 238.
G. Altmüller Jahrb. d. polyt. Inst. X. Tab. I. Fig. 14 *.
K. Karmarsch Beschreibung einiger Instrumente zur Anstellung feiner Messungen. Jahrb. d. polyt. Inst. XVIII. 28 * (Beschr. von 5 verschiedenen Dickenmessern, worunter ein dem oben beschriebenen Zapfenmesser mit Zifferblatt sehr ähnliches Instr.).
Palmer Dickmaass oder Taster. Dingl. p. J. CXVI. 252 *; *Bull. de la Soc. d'encour. 1850* p. 28; Centr. Bl. 1850 S. 658 (in Form einer Schraubenzwinge, die Schraube mit getheiltem Kopf und Kreisvernier).
Robert's excentrische Blech- und Drahtlehre. Dingl. p. J. CXVI. 14 * (Zwei excentrisch aneinander befestigte Scheiben).
Karmarsch Verbesserte Blechlehre mit Mikrometerschraube. Centr. Bl. 1855. 604 *; Mittheil. d. Hannöv. Gew. V. 1854. S. 153. 281; Dingl. p. J. CXXXV. 178 (Das Palmer'sche Instr. und ein ähnliches aus Wien, mit einander verglichen und Versuche mit beiden, welche für das erstere sprechen).
K. Karmarsch Neue Schublehre von Klindworth. Dingl. p. J. CXXXVIII. 90 * (1855); Mitth. d. Hann. Gew. Ver. 1855, Hft. 4.
Klindworth Verbessertes Tiefenmaass. Centr. Bl. 1856, S. 1440 *; Hannöv. Gew. Bl. 1856. S. 199.
Sandberger Messinstrument für directe Vertikalmessungen von Vertiefungen und Erhöhungen kleinerer besonders naturhistorischer Gegenstände. Pogg. Ann. LXXXV. 97 * (1852).
Sphärometer erfunden von Abbé de la Rue s. Cauchoix im *Journ. de physique.* Angewendet zur Messung der Linsenkrümmung zuerst von duc de Chaulnes.
Perreaux *Sphéromètre à pieds mobiles.* *C. R.* XXVIII. 282 * (1849); *Bull. de la Soc. d'encour. 1850* p. 145; Centr. Bl. 1850. 982; Dingl. p. J. CXVIII. 187 *.
Meyerstein Sphärometer. Mitth. d. Hannöv. Gew. Ver. 1851. S. 262.
du Moncel *Sphéromètre d'un nouveau système.* *Inst.* 1855. p. 262; *Cosmos* VII. 487.

Kathetometer.

s. V. Regnault *Relations des expériences etc.* Paris 1847, 4. p. 25 * seq.
Perreaux s. vorher. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1850 p. 145.
V. Regnault *Rapport sur un cathétomètre de Mr.* Perreaux. *C. R.* XXVIII. 528 *; *Inst.* Nr. 805. 178.

Wegemesser. Hodometer. Velocimeter. Pedometer. Perambulator

s. die Lehrbücher und ältere Lit. Th. Young II. 156 *. Neuere Literatur Schubarth l. c. 427 *.

Distanzmesser. Höhenmesser.

Th. Young. l. c. II. 156 * ältere Literatur.
Dove im Repert. d. Ph. II. 26 * neuere Literatur.
s. a. Literatur unter Doppelbildmikrometer oben §. 178.
Camillo Ravetta in Schwendter's Geometria practica (ältester D.).
Pacecco ab Ucedos um 1762 beschrieben in Diss. de Pantometro Pacecciano praes. Mayer, Heidelberg, 1767 (s. a. Kratzenstein Vorrede bei Brander) (Messung auf zwei, 4 Fuss von einander entfernten Punkten).
G. F. Brander's Beschreibung eines neu erfundenen Distanzmessers aus einer Station. Augsburg, 1781 * (verf. 1778) (Messung mit zwei Fernröhren; zwei verschiedene Anordnungen).
Reinhold Beschreibung eines Endmikrometers. Osnabr. 1780.
Descr. abrégée d'un instrument propre à mesurer les distances. Journ. de phys. 1788 p. 95.
Rand *Patent military telescope. Rep. of pat. inv.* XII. 152.
J. Watt *Micrometers for measuring distances.* Edinb. ph. j. II. 121 (Fäden).

Vasalli Eandi *Obs. sur l'idée de mesurer les distances par des lunettes garnies d'un micromètre. Memor. del Ac. di Torino* XIV. 153.

de Buttet *Lunette garnie d'un micromètre destinée à mesurer les distances.* Ibid. XIV. 95.

Amizi *Descrizione d'un nuovo micrometro. Societ. Ital.* XVII. 2. p. 344.

B. Gompertz Differential-Sextant. Gehl. n. ph. W. VI. 2179* (1837) aus *Mem. of the astron. society* I und II. 85 (Distanzmesser mit zwei Spiegeln, von denen einer auf einem Kreise drehbar).

Barclay Verbessertes Höheninstrument. *London J.* 1. Ser. XIII. 323.

Angabe eines einfachen Instruments, um die Höhe eines Objectes zu messen. *Franklin J.* n. Ser., II. 114.

Sang's Hypsometer. Dingl. p. J. LXXIX. 348.

Barbou Instrument zum Messen von Entfernungen zwischen gegebenen Standpunkten. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1826 p. 407; Dingl. p. J. XX. 436.

Selligue *Telemètre. Brev. d'inv.* XIII. 145.

Petzelt Katadioptrisches Kathetometer. Bauzeit. 1844. S. 275.

Chauvin Zwei neue Instrumente, um Entfernungen und Winkel zu messen. *Bull. de la soc. d'encour.* 1832. S. 250.

Taylor Instrument, Winkel und Entfernung zu messen.

Stampfer Distanzmesser, in dessen Nivellirmethode §. 73 (Messung des Gesichtswinkels durch mikrometrische Messung der Fernrohrdrehung).

Romershausen's Spiegeldiopter und Längenmesser. Halle 1845.

Id. Militärfernrohr zur Distanzmessung. Halle 1845.

Id. Theor. des Diastimeters. Berlin.

Helmuth. Die Distanzmessung der Artillerie. Halle 1848.

Romershausen Distanz und Höhenmessung und das Nivellement des Diastimeters und Distanzfernrohres. Marburg 1855.

Romershausen Distanzmesser. Dingl. p. J. CXIV. 34* (Rohr mit getheiltem Auszuge und Spitzen, über welche visirt wird, ähnlich Wollaston's Mikrometer. *Phil. Trans.* 1813 p. 119).

Decher üb. Reichenbach's Distanzmesser. Dingl. p. J. CXVI. 29* (Fäden im Ocular und Visiren nach getheilter Latte).

Romershausen Bemerkungen zu dem Aufsatze von Decher. Dingl. p. J. CXVI. 352*.

Steinheil üb. Reichenbach's Distanzmesser. Dingl. p. J. CXXIX. 408 (zur Theorie dieses D.'s).

Senarmont üb. den von Porro verbesserten Distanzmesser. *Ann. d. min.* 4. Ser. XVI. 383.

Groetaers Distanzmesser. Dingl. p. J. CXX. 159; CXXIII. 282*; *Bul'. de la Soc. d'encour.* 1851. p. 503 (Winkelmessung an einer 20 Meter langen Standlinie).

Determining distances by light, angles, sound and walking. Scientif. Amer. n. Ser. IV. 314* (populäre Beschreibung der verschiedenen Methoden zur Distanzbestimmung).

J. Imray Distanzmesser. Centr. Bl. 1856. S. 598*; *London J.* III. 83 (Instr. mit zwei Spiegeln, von denen der eine auf dem verticalen Stative verschiebbar ist).

v. Langsdorf Distanzmesser. Grun. Arch. VIII. 250* (1846) (Dist. mit zwei parallelen Fäden).

Grunert Distanzmesser. Grun. Arch. VIII. 254* (Theorie des vorigen und Idee zu einem D. aus zwei Fernröhren verschiedener Vergrösserung).

Goldschmid Distanzmesser. Dingl. p. J. CLX. 438*; *Scientif. Amer.* n. S. V. 200 (Zwei Fäden im Oculare, der eine fest, der andere beweglich).

Grunert Distanzmesser von Martins. Grun. Arch. XIX. 466* (1 fester, 1 drehbarer Spiegel).

A. Martins Ueber Entfernungsmesser, vorzugsweise in Bezug auf militärische Zwecke. Berl. Gew. Bl. XVIII. 185. 201*.

Emsmann neuer Distanzmesser. Pogg. Ann. CVI. 504*; Centr. Bl. 1859. 635 (D. mit einem festen und einem drehb. Spiegel, ähnlich d. Martins'schen; Idee zu einer Abänderung, welche Gompertz D. ähnlich scheint).

Biagio de Benedictis *Di un nuovo istrumento per misurare le distanze inaccessibili.* Napoli 1859; Centr. Bl. 1860. S. 437*, Zeitschr. f. Math. 1860 p. 225 (Verschiedenheit der Bildgrössen in zwei Fernröhren; dieselbe Idee wie Grunert 1846).

Patrik Adie *Description of an instrument for measuring actual distances. Pract. mech. J.* 2. Ser. V. 159*; *Artizan* n. S. XII. 295* (1860).

Stevelly. Whewell. *Proc. of the meeting of the Brit. Ass. held at Oxford 1860.*

Woodhouse *instrument for measuring distances. The Eng.* XI. 387* (1861), *London J.* n. S. XIV. 82 (alte Idee; Röhre mit zwei beweglichen Fäden).

H. Clerk *On the determination of distances in the field. The Artizan* n. S. XIII. 159* (1861) (Aehnlich d. Martins'schen Distanzmesser).

Zur Messung der Meerestiefe. Bathometer.

Th. Young l. c. II. 244* *Sounding* 255* *submarine apparatus* ältere Literatur.
s. a. Schmid Meteorologie. Enc. d. Ph. XXI. 63*.
Ericsson's Senkblei. Dingl. p. J. LXII. 212*; *Nautic. mag.* 1. Ser. V. 390; *London J.* 1. S. VIII. 355; *Mech. Mag.* XXV. 353 (Durch den Wasserdruck wird in dem App. Luft comprimirt und Wasser in einen Luftbehälter gepresst, aus dem es beim Aufziehen nicht wieder entweichen kann).
Ueber eine neue Methode, die Wassertiefe zu messen. Dingl. p. J. LXIII. 314*. *Phil. Mag.* 3. Ser. III. 82. 352. IX. 185 (Eine mit Oel gefüllte Kugel steigt vom Meeresgrunde auf, wenn das Senkblei den Grund erreicht hat und dadurch die Kugel gelöst wird).
Grandpré über das Sondiren des Meeres. *Rep. of pat.* 1. Ser. V. 296.
Jones Instrument um die Tiefe des Wassers zu messen. *Mech. Mag.* XXXI. 369. XXXII. 83. XXXIV. 186.
Grégoire hydrostatischer Ballon, um die Tiefe des Meeres zu messen. *Br. d'inv.* XXXV. 109.
Bonnycastle Mittel, die Tiefe des Meeres zu messen. *Mech. Mag.* XXXII. 299.
Aimé neues Instrument, um auf dem Meere zu sondiren. Dingl. p. J. LXXXIX. 70*; Pogg. Ann. LX. 412*; *Ann. de ch.* 3. Ser. VII. 497.
Apparat, um die Tiefe zu untersuchen während des Segelns. Hessl. Jahrb. 1844. S. 236.
Bright Verbesserter Tiefenmesser. *Mech. Mag.* LVII. 247.
C. W. Siemens *On a bathometer or instrument to indicate the depth of the sea on board ship without submerging a line. The civ. eng. and arch. journ.* XXIV. 329* (1861) (gegründet auf Differenz der Erdanziehung bei mehr oder weniger tiefer Wasserbedeckung).

3. Messen von Flächen.

§. 180.

Die Grösse von Flächen wird am einfachsten durch die Grösse eines Quadrates gleichen Inhaltes angegeben also durch die Bezeichnung einer zum Quadrate erhobenen Längendimension.

Liesse sich stets aus der mathematischen Gestalt einer Fläche das gleichwerthige Quadrat ableiten, so würde jede Flächenmessung einfach auf die Messung einer linearen Dimension zurückzuführen sein.

Dies ist indessen nur für eine Anzahl regelmässiger Flächenformen möglich, nur für diejenigen, deren Quadratur oder Complanation die Mathematik lehrt. So sind z. B. die häufiger vorkommenden Flächen, der Kreis $= a^2\pi$, die Ellipse $= ab\pi$, die Cykloide $= 3a^2\pi$, die Lemniscate $= 2a^2$, die Kugel $= 4a^2\pi$, das verlängerte Ellipsoid $= 2b^2\pi + \frac{2ab\pi}{e} \cdot \text{arc} \cdot \sin e$, das abgeplattete Ellipsoid $= 2a^2\pi + \frac{b^2\pi}{e} \log \frac{1+e}{1-e}$, Rotationsfläche der Cykloide $= 16a^2\pi$ u. s. w., durch Abmessung linearer Dimensionen bestimmt. So findet man nach der s. g. Guldin'schen Regel den Inhalt einer Umdrehungsfläche, die durch Umdrehung einer ebenen Linie um eine in ihrer Ebene liegende Axe erzeugt wird = dem Product aus der Länge der Linie in den Weg ihres Schwerpunktes, vorausgesetzt, dass die Erzeugungslinie auf einer Seite der Axe liegt; es handelt sich dann zur Flächenberechnung nur darum, ob die linearen Dimensionen: die Linienlänge und der Schwerpunktsweg, durch lineare Messung zu finden waren.

Bei andern Flächen, für welche uns die Mathematik keinen Aufschluss über den Inhalt giebt, also für unregelmässig gestaltete Körperoberflächen, für unregelmässig begränzte Ebenen müssen andere Hülfsmittel aufgesucht werden.

Im Allgemeinen ist die vollständige Lösung dieser Messungsaufgabe für die Anwendung in der Physik von geringer Bedeutung, die Kenntniss der Oberflächen unregelmässig begränzter Körper bisher kaum zur Ermittelung physikalischer Gesetze erfordert worden und nur die beschränktere Aufgabe: den Inhalt einer unregelmässig begränzten Ebene zu finden, bietet grösseres Interesse dar. Nicht allein der Geodät und Feldmesser hat den Inhalt einer mit unregelmässigen Begränzungen gezeichneten Ebene zu bestimmen, sondern es lassen sich auch specielle physikalische Aufgaben angeben, für deren Lösung die genaue Inhaltsbestimmung einer Fläche erwünscht wäre. Aus den Angaben registrirender Instrumente, z. B. eines Thermometers, welches seinen Stand über 0° durch die Erhebung der Curve *abcde* in *Fig. 44* über der Horizontalen *AB* in 24 Stunden abzeichnet, entnehmen wir einen Mittelwerth, indem wir eine Zahl *n* vertikaler und äquidistanter Abstände der Curve von *AB* messen, diese Längen addiren und durch *n* dividiren. Das Resultat sollte die Höhe eines Rechteckes *o · f · g · 12* von gleichem Inhalte mit *o a b c d e 12* sein; es ist dies in Wirklichkeit nur dann, wenn jedes Curvenstück zwischen den einzelnen Abständen symmetrisch liegt. Könnten wir aber den Inhalt der von der Curve, den Vertikalen *oa* und *12g* und der Horizontalen *o12* begränzten Fläche messen, so hätten wir diesen Inhalt mit der Länge *o12* zu theilen, um die genaue Höhe *of* = *12 · g* zu erhalten.

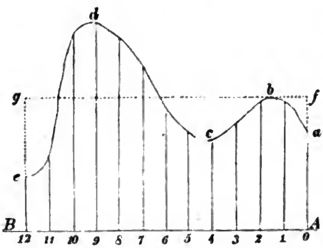


Fig. 44.

Völlig genaue Inhaltsmessungen, d. h. bis zu dem Grade als etwa Längen gemessen werden können, sind nicht bekannt, sondern alle Methoden geben nur mehr oder weniger gute Annäherungen.

Ein einfaches, von Th. Young angegebenes Mittel zur Messung eines Flächeninhaltes besteht darin, die Fläche aus möglichst gleichmässigem Papiere auszuschneiden und abzuwägen, ebenso mit einem aus demselben Papiere geschnittenen Quadrate von gemessener Seite zu verfahren. Bei angenommener gleicher Dicke des Papieres verhalten sich die Gewichte wie die Inhalte.

Die Instrumente, welche zur Inhaltsmessung dienen, heissen Planimeter. Bei dem einfacheren besteht die Messung darin, die Fläche durch rechtwinkliche Coordinaten zu zerlegen und die Grösse der von Curven durchschnittenen Theile durch Abschätzung zu bestimmen. Hierzu könnte jedes Coordinatenmaass dienen, d. h. ein Werkzeug, welches aus zwei einander rechtwinklich kreuzenden und gegen einander verschiebbaren getheilten Maassstäben besteht. Man erleichtert aber die Abmessung und Abschätzung, indem man die Fläche durch

Parallelfäden oder Gitter in viele Theile zerlegt (Plan. von HOHENBAUM, OLDENDORP, BEUVIÈRE u. v. A.).

Hieran schliessen sich die Planimeter an, welche eine Fläche in kleine Dreiecke zerlegen, oder welche die rechtwinklich zu begränzenden Ebenenstücke für sich auf die zuerst erwähnte Art messen, die von Curven begränzten Theile durch Zirkelmessung (Pl. von WAGNER, HORSKY, WESTFELD u. A.). Diese Arten der Planimeter lassen etwa eine Genauigkeit der Messung von 1 bis $^1/_3$ % des ganzen Inhaltes zu.

Bei andern Apparaten erfolgt die Messung durch Bestimmung der Flächenelemente mittelst Polarcoordinaten und Summirung der Flächenelemente; in der Ausführung geschieht dies durch Führung eines Stiftes auf der Begränzung der Ebene, während eine mechanische Vorrichtung die fortschreitende Summirung registrirt (Planimeter von ERNST, WETLI, AMSLER u. A.).

Die mit den besten bisher construirten Planimetern durchschnittlich zu erzielende Genauigkeit der Messung kann etwa auf 0,1 %, in besonders günstigen Fällen auf 0,02 % des ganzen Inhaltes angegeben werden.

In Betreff der Construction, der Theorie und des Gebrauches der Planimeter wird auf die nachstehende Literatur verwiesen.

Literatur.

Ueber Curven, welche durch Ausmessung linearer Dimensionen quadrirbar sind, s. ältere Literatur bei Th. Young l. c. II. 120* *quadrature of curves*, II. 123* *curved surfaces*.
LITTROW Art. Volumen in Gehl. n. ph. W. IX. 2084* (1840).
Von mathematischen Schriften besonders EULER's Institutiones calculi integralis, 4 Vol. 4. Petersburg 1792; übers. von Salomon, Wien 1833; LACROIX *Traité du calcul différentiel et intégral*, 3 Vol. 4. Paris 1797.

Einfache Planimeter mit rechtwinklichen Coordinaten, Parallelfäden, verschiebbare Dreiecke u. dergl.

G. WAGNER üb. den Gebrauch und die Einrichtung des vor kurzem erfundenen Planimeters. Frankf. a. M. 1821. 4.
G. G. SCHMID Planimeter, in dessen Anfangsgründen der Mathematik Thl. 1.
HARKORT Der Universal-Planimeter. Köln 1824. 8. (über verschiedene einfache Planimeter).
CROSNIER Instrument, den Inhalt einer Fläche zu messen. *Ann. de l'ind.* VII. 212.
WEISSNER Beschreibung eines neuen mathematischen Instrumentes zur Erleichterung der geometrischen Flächenberechnung. Jena 1828. 8.
K. TENNER Beschreibung eines Planimeters oder allgemeinen Inhaltmessers. Darmstadt 1828. 8.
WESTFELD Planimeter (Ringmesser) Götting. 1826 (Abmessung der Curvensegmente durch Zirkel mit messbar zu verstellendem Radius).
SCHIERECK Pediometer, ein neues Instrument, um den Flächeninhalt in Karten ohne Rechnung zu erhalten. Dingl. p. J. LXXXII. 251*.
COYNE, LEBLANC *Planimètre*. *Brev. d'inv.* LX. 44.
H. PIEPER Der Oldenburgische Planimeter, verbessert und beschrieben. Lüneburg 1825. 8.
COLBERG Anweisung, den Inhalt ebener Flächen ohne Rechnung zu finden, vermittelst des neu erfundenen Instruments, des Planimeters. A. d. Polnischen mit Vorr. v. GRÜSON, Berlin 1825. 8.
ZAREMBA Planimeter. *Bull. de Sc.* t. XIII. 347.
NERNST Planimeter, Verh. d. Gew. Ver. in Pr. 1831. S. 88.
BEUVIÈRE *Planimètre. Bull. de la Soc. d'encour.* 1846. 185. *C. R.* XXI. 1277; *Inst.* Nr. 623. p. 427.
BEUVIÈRE *Planimètre sommateur. Bull. de la Soc. d'encour.* 1859. p. 97; *Ann. de ph. et de ch.* 2. Ser. 1854 VIII. 333*.
HORSKY Planimeter. Zeitschr. d. österr. Ing. Ver. 1850; Centr. Bl. 1850. S. 279 (schon 1840 construirt).

POSENER Anweisung zum Gebrauch des neu verbesserten Berechnungsapparates etc. (Planimeter). Wien. 1823. 8.
OLDENDORP Planimeter. Verh. d. Gew. Ver. in Pr. 1832. S. 195. s. Winkler prakt. Geometrie und HARTNER l. c. S. 421.
ADLER Planimeter s. Lemoch l. c. S. 66; Hartner l. c. S. 422* Anm.

Planimeter, gegründet auf Polarcoordinaten, Messung durch Umfahren der Gränzen der Ebene.

J. M. HERRMANN aus Bayern, Erfinder des Planimeters 1814 und Ausführung etwa 1817, s. BAUERNFEIND in Dingl. p. J. CXXXVII. 81*; Bayr. K. u. Gew. Bl. 1855. S. 441 zur Geschichte der Planimeter.
OPPIKOFER in WILD Uebers. der Verh. der techn. Ges. in Zürich 11; WOLF Mitth. der naturf. Ges. in Bern 1851 (unabhängig von HERRMANN 1828 Erfinder eines Polarplanometers).
ERNST *Planimètre. Bull. de la Soc. d'encour.* 1841. p. 402, Dingl. p. J. LXXXVI. 33* (1836 ausgef. Verbesserung des OPPIKOFER'schen Pl.'s).
STAMPFER über WETLI's Planimeter. Sitzgsber. der Wien. Ak. 1850 Nr. 7; Dingl. p. J. CXVI. 424*; Centr. Bl. 1850 S. 970 (Verbesserung des ERNST'schen Pl.'s).
C. STARKE. A. MILLER und G. STARKE s. Hartner l. c. S. 422* und 429* (Veränderungen am WETLI'schen Pl.).
BAUERNFEIND Die Planimeter von ERNST, WETLI und HANSEN (AUSFELD). München 1853. 8.*; Bayr. K. u. Gew. Bl. 1853. S. 129.
SANG's Planimeter. Dingl. p. J. CXXII. 420*; *Civ. eng.* 1851. p. 505 (mit dem Ernst'schen Pl. übereinstimmend).
GONELLA s. WITTSTEIN am unten cit. O. (scheint mit WETLI gleichzeitig eine abgeänd. Constr. d. ERNST'schen Pl. erfunden zu haben).
KELLER. FICHTBAUER s. Bauernfeind l. c. S. 84 (Abänderungen des ERNST'schen Pl.'s).
DECHER Planimeter, Dingl. p. J. CXXXVI. 168* (Verbess. d. ERNST'schen Pl.'s).
*JAC. AMSLER Ueber die mechanische Bestimmung des Flächeninhaltes, der statischen Momente und der Trägheitsmomente ebener Figuren, insbesondere über einen neuen Planimeter. Schaffhausen 1856. 8.; *Cosmos rev.* VIII. 1856 S. 213; Centr. Bl. 1856. 727*; Dingl. p. J. CXL. 321*; CXLI. 29. 326. 30; Bayr. K. u. Gew. Bl. 1857. 225.
GIERER Planimeter, s. AMSLER in Dingl. CXL. S. 325. Anm.
BOUNIAKOWSKI *planimètre pantographe. Bull. de la cl. phys. math. de l'Ac. de St. Pet.* XIV. Nr. 10 (1855).
DECHER Ueber zwei neue, auf Berechnung mit Polarcoordinaten sich stützende Planimeter von BOUNIAKOWSKY und J. AMSLER, nebst einer wesentlichen Modification des ersteren in Dingl. p. J. CXL. 27* (1856) (Entwickelung der Theorie).
E. SCHINZ über das Polarplanimeter von AMSLER Mitth. d. naturf. Ges. in Bern 1857. p. 153* (Ableitung der Theorie).
WITTSTEIN über das Polarplanimeter von AMSLER. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. f. Hannover VI. 15* (1860).
WITTSTEIN Zur Theorie des Planimeters von AMSLER ibid. VII. 289* (1861).
C. BREHMIKER Theorie des Amsler'schen Polarplanimeters. Berlin 1863.
BOUNIAKOWSKI *sur les planimètres libres. Bull. de St. Pet.* II. 567 (1860).

4. Messen des Körperinhaltes.

§. 181.

Der Inhalt eines Körpers, das Volumen desselben, wird wie der Flächeninhalt durch Bezugnahme auf eine lineare Dimension ausgedrückt, indem man einen Würfel durch Bezeichnung der Länge einer seiner Kanten angiebt, dessen Inhalt dem des zu bestimmenden Körpers gleich ist.

Wie bei der Flächenmessung würde es also auch bei der Körpermessung nur auf Messung von Längen ankommen, wenn uns die Mathematik die Verwandlung jedes beliebigen Körpers in einen gleich grossen Würfel lehrte. Die Cubatur der Volumina ist aber wiederum in einer beschränkten Zahl von Fällen, allerdings gerade in besonders wichtigen möglich, bei von Ebenen begränzten

Gestalten und einer Anzahl krummflächig begränzter Körperformen, die am häufigsten verwendet werden.

Alle Körperformen, die man als prismatische Körper mit paralleler oberer (O) und unterer (U) Endfläche denken kann, sind ihrem Inhalte nach bestimmt, wenn wir h den Abstand der Endfläche und M den mittleren der Endfläche parallelen Querschnitt nennen durch den Ausdruck

$$\frac{h}{6}(O + 4M + U).$$

In solche Formen lassen sich aber die vieleckigen, eben begränzten Körperformen und viele krummflächig begränzte zerlegen (Kegel, Cylinder, Kugel u. s. f.).

Den Inhalt anderer krummflächig eingeschlossener Körper lehrt die Mathematik, z. B. wissen wir, dass der Inhalt des verlängerten Sphäroids $= \frac{4}{3} a b^2 \pi$, der des abgeplatteten Sphäroids $= \frac{4}{3} a^2 b \pi$ ist. Nach der GULDIN'schen Regel ist der Inhalt eines Umdrehungskörpers, durch Drehung einer ebenen Fläche um eine in deren Ebene gelegene Axe erzeugt, gleich dem Product aus dem Inhalte der Fläche in den Weg ihres Schwerpunktes.

Diese Fälle liefern also Beispiele dafür, dass vielfach der Körperinhalt auf lineare Messung zurückzuführen ist, sobald sich die nach den angeführten Regeln in Betracht kommenden Flächen auf lineare Messung zurückführen lassen.

Für unregelmässig krummflächig begränzte Körper kann der Inhalt aus der linearen Messung nur annäherungsweise bestimmt werden. Hierzu kann z. B. die BRIX'sche Näherungsformel dienen, welche sich auf die SIMPSON'sche Regel zur Bestimmung des Flächeninhaltes einer krummlinig begränzten Ebene gründet. Letztere kann man nämlich immer in eine Anzahl von Theilen zerlegen, deren jeder von einer krummen Linie und 3 Graden (zwei parallelen und einer darauf senkrechten) begränzt ist. Den Inhalt eines solchen Stückes (*Fig. 45* Nr. 1) findet man nach der SIMPSON'schen Regel, indem man AB in eine gerade Anzahl $2n$ unter sich gleiche Theile theilt, die $2n+1$ Ordinaten $O_1 O_2 \ldots . O_{2n+1}$ errichtet und ihre Längen misst

$$\frac{l}{3}[O^1 + O_{2n+1} + 2(2O_2 + O_3 + 2O_4 \ldots\ldots O_{2n-1} + O_{2n})].$$

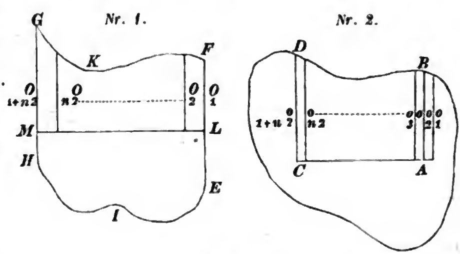


Fig. 45.

Nun kann man sich einen unregelmässig begränzten Körper in Theile zerlegt denken, die eine krummflächige Umhüllung $EFKGHIE$ haben (*Fig. 45* Nr. 2),

aber sonst durch zwei parallele Ebenen EF und HG begränzt sind. Dann theilt man den Abstand dieser Ebene LM wieder in $2n$ gleiche Theile von der Grösse l, legt Ebenen, parallel zu EF durch die Theilpunkte und berechnet die Fläche dieser Ebenen nach der vorigen Simpson'schen Regel.

Die so gefundenen Flächeninhalte betrachtet man als die Ordinaten einer Curve, die in eben solchen Abständen l auf dem Abrisse LM abgetragen sind, und berechnet nun den Inhalt dieser Fläche nach der Simpson'schen Regel, wodurch man den Körperinhalt erhält.

Ein solches Verfahren führt nun zwar auf lineare Messung zurück, ist aber sehr umständlich und würde doch nur Annäherungswerthe ergeben.

Wenn daher die Umstände nicht eine direkte Ausmessung fordern, wird man indirekte Methoden zur Inhaltsbestimmung, deren verschiedene aufzuführen sind, anwenden.

Die wichtigsten indirekten Methoden sind 1) die Ausmessung des Körpervolumens durch eine Flüssigkeit, deren Volumen alsdann bestimmt wird, 2) die Bestimmung des Inhaltes eines Körpers aus seinem Gewichte.

In der Ausführung werden diese Methoden verschiedentlich abzuändern sein, je nachdem Hohlräume oder Vollkörper, regelmässige oder unregelmässige, in Flüssigkeiten lösliche oder unlösliche u. s. w. Körper untersucht werden sollen.

Die Methode der Ausmessung eines Körpervolumens durch eine Flüssigkeit beruht auf der Eigenschaft der Flüssigkeiten, sich den Formen des einschliessenden Körpers eng anzuschliessen. Füllt man also einen auszumessenden Hohlraum mit Flüssigkeit, so ist das Flüssigkeitsvolumen gleich dem zu messenden Körpervolumen und das Flüssigkeitsvolumen kann auf ein cubisches Maass reducirt werden, indem es durch Hohlgefässe bekannten Inhalts abgemessen wird. Soll dagegen ein Vollkörper durch Flüssigkeit abgemessen werden, so geschieht dies dadurch, dass er unter die in einem Gefässe befindliche Flüssigkeit getaucht wird; hierdurch wird das Volumen der Flüssigkeit um den Betrag des Körpervolumens vermehrt, die Flüssigkeitsoberfläche steigt in dem Gefässe und das Körpervolumen ist offenbar gleich dem Inhalte des Gefässetheiles, welcher zwischen der Flüssigkeitsoberfläche war und nach dem Eintauchen des Körpers eingeschlossen ist.

Die Methode der Ausmessung eines Körperinhaltes durch Wägung beruht auf der Betrachtung, dass das Gewicht M eines Körpers gleich dem Producte aus seiner Dichtigkeit D und seinem Volumen V ist; kann man also in dem Ausdrucke $M = D \cdot V$ die zwei Grössen M und D bestimmen, so findet man V, M wird aber direkt durch Abwägung gefunden, D durch die mannigfaltigen Methoden der Bestimmung des specifischen Gewichtes, welche ebenfalls auf Abwägungen zurückzuführen sind. Beispielsweise würde also ein solches Verfahren sein: man wägt den Körper und findet ihn n Gewichtstheile schwer; man wägt ihn unter Wasser, so ist er, da durch den hydrostatischen Druck ein Körper so viel an Gewicht verliert, als das von ihm verdrängte Flüssigkeitsvolumen wiegt, nur noch $(n - a)$ Gewichtstheile schwer, es ist $\frac{n}{a}$ die Dichtigkeit

des Körpers gegen Wasser und $\frac{n}{\frac{n}{a}} = a$ das Volumen des Körpers ausgedrückt durch das Gewicht eines gleich grossen Wasservolumens. Wiegt nun die Cubikeinheit des Wassers b Gewichtstheile, so ist das gesuchte Körpervolumen $\frac{a}{b}$ Cubikeinheiten.

Wenn in einem Maasssysteme, wie in dem neufranzösischen, die Gewichte und cubischen Maasse schon in einfache Beziehung gebracht sind, so bedarf es nicht erst einer Berechnung, um aus solchen Wägungen das Volumen abzuleiten; der Gewichtsverlust a eines Körpers beim Eintauchen in Wasser, durch Grammen ausgedrückt, giebt, da 1 Gramm = dem Gewichte von 1 Cubikcentim. ist, unmittelbar dss Volumen in Cubikcentimetern an.

Die Methode der Abwägung ist begreiflicherweise auch zur Bestimmung des Inhaltes eines Hohlraums anwendbar, indem hierzu nur das Gewicht der den Hohlraum erfüllenden Wassermenge bestimmt zu werden braucht.

Selbstverständlich muss, wenn der Körper in Wasser löslich ist, die Dichtigkeit des Körpers auf andere Weise ermittelt werden.

Beide angegebenen indirekten Methoden bedürfen zur genauesten Bestimmung des Inhaltes einer Menge von Correktionen, namentlich wegen des Einflusses der Wärme auf alle Körper, wonach man unter verschiedenen Wärmegraden beim Ausmessen durch Flüssigkeit ein verschiedenes Flüssigkeitsvolumen, beim Abwägen gegen Flüssigkeit ein verschiedenes Flüssigkeitsgewicht als Aequivalent des Körpervolumens erhalten würde.

Da viele Erscheinungen von dem Volumen oder Maasse eines Körpers abhängig sind, würden noch mancherlei indirekte Methoden erdacht werden können, um aus der Beobachtung einer Erscheinung auf das dazu mitwirkende Volumen zu schliessen. Von praktischer Bedeutung sind indessen nur noch wenige, z. B. für feste Körper jeder beliebigen Form und für Flüssigkeiten, diejenige, bei welcher ein Körpervolumen mit Hülfe des Gesetzes für die Aenderung der Expansivkraft der Gase bei verschiedenem Volumen derselben, nämlich des Boyle'schen oder Mariotte'schen Gesetzes, dass die Expansivkraft dem Volumen umgekehrt proportional ist, gefunden wird. Die zu solcher Volumenbestimmung angewendeten Apparate (Stereometer, Volumenometer) sind so eingerichtet, dass sie die Aenderung der Expansivkraft eines abzuschliessenden Luftvolumens für eine bestimmte unter $n$fache Volumenänderung messen lassen. Wird dann das abzuschliessende Luftvolumen dadurch verringert, dass ein auszumessender Körper von der Grösse x in den Raum der Luft gepresst wird und also ein seinem Inhalte gleiches Luftvolumen verdrängt, so kann die gleiche Volumenvermehrung oder Verminderung wie vorher nicht mehr dieselbe Aenderung der Expansivkraft bewirken, weil nicht das Volumen Luft von 1 auf n, sondern ein Volumen Luft von $(1 - x)$ auf $(n - x)$ gebracht wurde. Die Messung der Expansivkraft lässt dann indirekt auf die Grösse des Körpervolumens schliessen.

Das Volumen luftförmiger Körper ist, weil dieselben einen Raum vollständig erfüllen, ohne Weiteres durch die Ausmessung dieses Raumes selbst bestimmt.

Für Flüssigkeiten und luftförmige Körper ist endlich noch eine indirekte Methode zur Volumenbestimmung zu erwähnen. Diese beruht auf der Wirkung, welche eine bewegte Flüssigkeit oder Luftmasse ausübt. Die Grösse solcher Wirkung, z. B. des Stosses gegen einen drehbaren Körper, ist von der Masse und der Geschwindigkeit der bewegten Substanzen abhängig. Kennt man das Gesetz der Abhängigkeit und kann die Grösse der Wirkung messen, so wird dadurch die Masse, also indirekt auch das Volumen bestimmt.

Häufig ist es die Aufgabe, nicht ganze Körpervolumina, sondern Aenderungen derselben, also bestimmte Theile oder Vielfache des Körperinhaltes zu messen. Diese Aufgabe muss wiederum nach der Verschiedenheit der Form und Beschaffenheit der Körper in verschiedener Weise gelöst werden, lässt sich aber der Hauptsache nach immer auf die angegebenen Methoden: direkte Messung, indirekte Ausmessung, oder Wägung zurückführen.

Z. B. wird das $n$fache oder $\frac{1}{n}$ des Inhaltes eines festen Körpers aus dem $n$fachen oder $\frac{1}{n}$ des Gewichts, das $n$fache oder $\frac{1}{n}$ des Volumens einer Flüssigkeit durch Ausmessung eines $n$fachen oder $\frac{1}{n}$ betragenden Cubikmaasses gefunden.

Die direkte Messung kommt hierbei sehr vielfach in Anwendung, indem man die Volumenänderung an einem Körper von bestimmter regelmässiger Form zu beobachten sucht. Der Inhalt eines Cylinders ändert sich z. B. bei gleichbleibendem Querschnitt proportional mit der Länge, erfolgen also die Volumenänderungen in Form einer Verlängerung des Cylinders, so ist die Volumenänderung durch die Messung der Längendifferenz bestimmt.

a. Direkte Ausmessung des Körperinhaltes. Wie oben gesagt, eignet sich die lineare Messung nur in besonderen Fällen zur genauen Ermittelung eines Körperinhaltes. Diese Methode ist indessen gerade für die Grundlage der Gewichtssysteme und somit für die indirekten Volumenbestimmungen von Wichtigkeit.

Das Gewicht nämlich eines bestimmten Volumens Wasser, d. h. die Basis unserer Gewichtsmaasse, finden wir dadurch, dass wir den Gewichtsverlust eines genau ausgemessenen Körpers bei der Abwägung unter Wasser messen. Einige geometrische Körper, namentlich die Kugel, den Cylinder, den Kegel, können wir in sehr vollkommener Weise an den Drehbänken darstellen, genauer als ein cubisches Gefäss bestimmten Inhaltes, und ebenso sind ihre Dimensionen durch die Dickenmesser genau zu ermitteln. Deshalb wurde der Gewichtsverlust solcher, sorgfältig ausgeführter und gemessener, Körper zur Feststellung der Normalgewichte benutzt. So benutzte Sir George Shuckburgh unter andern eine Kugel, deren Durchmesser er = 6,00745 Zoll, deren Inhalt er = 113,5194 Cubikzoll fand, um daraus das Gewicht für 1 engl. Cubikzoll Wasser = 252,422 grains zu bestimmen.

Wenn also auch die indirekte Methode, das Körpervolumen aus dem Gewichte zu berechnen, die allgemeiner anwendbare ist, so ist sie doch erst aus der direkten Messung eines Volumens entsprungen.

Ausser zu solchen Fundamentalbestimmungen hat die direkte Abmessung linearer Grössen nur für gewisse praktische Zwecke Bedeutung, z. B. zur Messung des Inhaltes eines Schiffskörpers, um dessen Tragfähigkeit zu erfahren, zur Messung des Inhaltes von Fässern, den man verhindert ist durch Ausmessen mit Flüssigkeit festzustellen, zur Messung des cubischen Holzinhaltes von Bäumen u. s. w.

Die oben gegebenen Annäherungsformeln, die zum Zwecke des praktischen Gebrauch-gewöhnlich in tabellarischer Form, die Resultate der vorgenommenen Längenmessungen enthaltend, eingerichtet werden, reichen für die Praxis aus (s. d. Literatur).

b. Ausmessung des Inhaltes von Vollkörpern durch Eintauchen in Flüssigkeiten und das durch hervorgerufene Veränderung der Stellung der Flüssigkeitsoberfläche wird nicht häufig angewendet, weil die Wägungsmethode genauere Resultate giebt. Indessen kann diese Methode unter Umständen doch nützlich sein, wenn die Bestimmung des specifischen Gewichtes sich nicht machen lässt, oder unverhältnissmässig mühsam wäre und es mehr auf eine schnelle als sehr genaue Messung ankommt. Zur Ausführung der Messung bedient man sich eines schon ausgemessenen und von Querschnitt zu Querschnitt in seinem cubischen Inhalte bestimmten Gefässes (calibrirte Gefässe s. u.). Soll das Volumen kleiner Körper durch Eintauchen gefunden werden, so genügt eine cylindrische Glasröhre. Wäre z. B. *RS* in *Fig. 46* eine bei *R* verschlossene, bei *S* offene, in gleiche Volumentheile eingetheilte Röhre, und *O* ein Körper, dessen Volumen gemessen werden soll, so würde man die Röhre vertikal stellen, in dieselbe von einer beliebigen Flüssigkeit eine genügende Menge eingiessen, um den zu messenden Körper *O* darunter tauchen zu können, wobei die Oberfläche der Flüssigkeit bis *p* gehen mag. Darauf wird *O* unter die Flüssigkeit gebracht, der neue Stand der Oberfläche etwa bei *m* beobachtet und ist also der an der Theilung abzulesende Röhreninhalt zwischen *p* und *m* das Körpervolumen. Bei einer Weite von 1 ^{cm} sind zwei Theilstriche, die einen Inhalt von 0.1 Cubikcentim. einschliessen, nahe $1\frac{1}{3}$ ^{mm} von einander entfernt; eine erheblich feinere Ablesung ist auch wegen der störenden Capillaritätserscheinungen nicht thunlich; man sieht also, dass für kleine Körper der Inhalt nur mit mässiger Genauigkeit gefunden wird. Für grössere Körper, z. B. bei Volumenbestimmungen organischer Massen, Pflanzen und Thieren von sehr unregelmässigen Formen, kann man mit Vortheil den Apparat *Fig. 47* benutzen. Das grössere cylindrische Glasgefäss *ABDC* ist mit eben geschliffenem Rande versehen und wird mit genau schliessender Glasplatte bedeckt. Letztere hat zwei Durchbohrungen, in die eine führt eine kleine Röhre *EFG*, welche scharf rechtwinklich abgebogen ist und bei *G* in einer feinen Spitze endet. Ueber der zweiten Durchbohrung erhebt sich eine Röhre *HI*, deren Querschnitt bei *I* etwas höher wie die Oeffnung der Spitze *G* liegt. Ferner gehört zu dem Apparate noch ein Maassgefäss bestimmten, etwa 1 Cubikdecim. = 1000 Cubikcentim. betragenden Inhaltes und eine getheilte Röhre wie in *Fig. 46*.

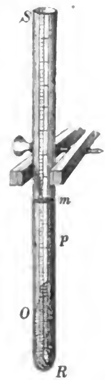


Fig. 46.

Wird das Gefäss durch *I* mit Flüssigkeit gefüllt, so geht bis zu dem Austreten von Tropfen bei *G* in den ganzen Apparat eine bestimmte Menge von Flüssigkeit, deren Betrag ein für allemal = *A* Cubikcentim. ermittelt wird. Beim Versuche wird nun der zu messende Körper *P* in das Gefäss gelegt, der Deckel aufgesetzt, aus dem Maassgefässe *n* mal Flüssigkeit eingefüllt, bis dieselbe bei *G* austritt; die austretenden Flüssigkeitstropfen werden aufgefangen und wieder in das Maassgefäss zurückgeführt. Der in diesem Gefässe zurückbleibende Rest der Flüssigkeit wird in der getheilten Röhre gemessen und gleich *b* Cubikcentimeter gefunden. Es ist dann offenbar

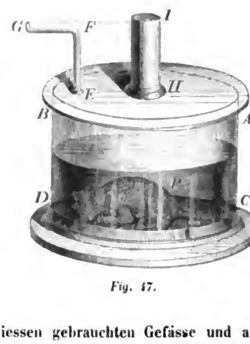


Fig. 47.

$$A = P + 1000\,n - b,$$

also

$$P = A + b - 1000\,n.$$

Wegen des Anhaftens von Flüssigkeit an dem zum Eingiessen gebrauchten Gefässe und an der Messröhre beim Nachmessen des Restes kann hierbei, abgesehen von der ohnehin nicht

ausführbaren feinen Ablesung, von grosser Genauigkeit nicht die Rede sein und ist deshalb von besonderer Correction wegen der Wärme u. s. w. abzusehen.

Einer ganz ähnlichen Vorrichtung bedienten sich ECKFELDT und DUBOIS, um aus dem Gewichte des aus einem solchen Gefässe verdrängten Wassers das Volumen und daraus wieder das specif. Gewicht von Erzproben zu erhalten.

c. Die Ausmessung von Hohlkörpern durch Erfüllen des Raumes mit gemessenen Flüssigkeitsmengen ist ein bequemes und auch einer ziemlichen Genauigkeit fähiges Hülfsmittel, sowohl zur Bestimmung des ganzen Inhaltes eines Hohlraumes, als eines Theiles desselben. Das Verfahren besteht darin, dass man sich die zur Maasseinheit bestimmte Grösse, also etwa 1 Liter, sei es in Form eines regelmässigen Hohlgefässes mit gemessenen Dimensionen, oder als beliebiges Gefäss von dem durch Wägung auf 1 Liter Wassergewicht bestimmten Inhalt verschafft und durch wiederholtes Einfüllen der das Maassgefäss füllenden Flüssigkeit feststellt, wie oft die Maasseinheit in dem Hohlraum enthalten ist. Die letzte Differenz, wenn der Hohlraum nicht eine ganze Zahl der Maasseinheiten enthält, muss durch eine kleinere Maasseinheit in ähnlicher Weise ermittelt werden. Sollen Gefässe getheilt werden, um dieselben später als Maassgefässe zu benutzen, so wird man am besten eine regelmässige Form, also etwa cylindrische Gläser wählen, dieselben vertikal stellen, successive die Maasseinheiten an Flüssigkeit einfüllen und die Stellungen der Flüssigkeitsoberfläche durch Horizontalstriche an der Gefässwandung bezeichnen. Ist das Glas wirklich cylindrisch, was sich daraus ergiebt, dass die so gewonnenen Theilstriche gleiche Abstände zeigen müssen, so können nun noch Unterabtheilungen an der Theilung durch blosse lineare Eintheilung der Theilabstände vorgenommen werden.

Bei wiederholtem Einfüllen der Flüssigkeitseinheit aus dem ursprünglichen Maassgefässe wird, wenn man, wie gewöhnlich bei praktischen Arbeiten, Wasser anwendet, dadurch ein Messungsfehler begangen, dass von der die Gefässwand benässenden Flüssigkeit stets einige Tropfen hängen bleiben; für genauere Ausmessungen wird man also nicht benässende Flüssigkeiten verwenden müssen und selbstverständlich die Normalmaassgefässe so einzurichten haben, dass wirklich der genaue cubische Inhalt erfüllt ist und nicht etwa durch Capillarattraction oder Depression eine kleine Abweichung bewirkt werden kann. Am einfachsten geschieht dies bei benässenden Flüssigkeiten durch Verschliessen des Normalmaasses mit einer eng aufliegenden Glasplatte, oder durch Stöpselverschluss. Bei nicht benässenden Flüssigkeiten ist dieser Fehler schwer zu vermeiden und wird deshalb für genauere Maasstheilungen immer die Wägungsmethode vorzuziehen sein.

Ueber einige zweckmässige Anordnungen der Apparate, um für verschiedene in der Praxis vorkommende Fälle diese Ausfüllungsmethode anzuwenden, giebt die Literatur Auskunft.

d. Inhaltsbestimmung durch Wägung. Da, wie schon oben angegeben ist, nach dem Ausdrucke $\frac{M}{d} = V$ durch die Ermittlung des absoluten Gewichtes M und des specifischen Gewichtes d eines Körpers dessen Volumen V bestimmt ist, so wird es so viele Arten der Volumenbestimmung durch Wägung geben, als es Arten der Gewichtsbestimmung giebt, also, um die wichtigsten Arten aufzuführen: Bestimmung 1) durch die Waage und hydrostatische Waage, 2) durch das Aräometer mit Auflagegewichten, 3) durch Gefässe von constantem Inhalt (diese drei für feste Körper und Flüssigkeiten), 4) durch Aräometer mit fester Skale, 5) durch communicirende Röhren (Hydrometer*) (letztere zwei für Flüssigkeiten).

Jede dieser Bestimmungsarten setzt, um zu einer genauen Feststellung des Volumens zu führen, voraus, dass die unter den verschiedensten Umständen gemachten Gewichtsbeobachtungen stets auf gewisse, als normal angenommene Einheiten zurückgeführt werden. Da bei jeder Aenderung der Temperatur alle Körper ihr Volumen verändern, so genügt es nicht

* Hydrometer werden auch Vorrichtungen benannt, die auf dem Principe des Aräometers beruhen, und Vorrichtungen, die überhaupt zur Flüssigkeitsmessung dienen, wie z. B. durch die Beobachtung der Geschwindigkeit indirekt zur Berechnung der Flüssigkeitsmenge dienende Apparate.

zu sagen, ein Körper habe z. B. 5 Cubikcentim., also den Inhalt von 5 Grammen Wasser, sondern wir müssen wissen, bei welcher Temperatur er in der Luft gewogen und für welche Temperatur sein specif. Gewicht ermittelt wurde.

Die verschiedenen Correctionen, welche an einer Wägungsbeobachtung mit der Waage anzubringen sind, um das wahre absolute und specifische Gewicht zu erhalten, geben die folgenden von Bessel aufgestellten Formeln an, deren ausführliche Ableitung bei Besprechung der Waage, in der Hydrostatik und in der Wärmelehre zu geben ist. Ist das absolute Gewicht des Körpers M, die zur Herstellung des Gleichgewichtes bei der Wägung in Luft $= m$, bei der Wägung in Wasser $= m_1$, bedeuten Δ und δ die specifischen Gewichte (ersteres nur annähernd ohne die Correctionen bestimmt), q und q_1 die specif. Gewichte der Luft während der beiden Wägungen, Q das specif. Gewicht des Wassers, RR_1 rr_1 die linearen Ausdehnungen des Körpers und der Gewichte durch die Wärme bei den beiden Wägungen, so ist

$$M = m \frac{1 - \frac{r^3}{\delta} q}{1 - \frac{R^3}{\Delta} q} = m_1 \frac{1 - \frac{r_1^3}{\delta} q_1}{1 - \frac{R_1^3}{\Delta} Q}$$

$$\Delta = \frac{m R_1^3 Q \left(1 - \frac{r^3}{\delta} q\right) - m_1 R^3 q \left(1 - \frac{r_1^3}{\delta} q_1\right)}{m \left(1 - \frac{r^3}{\delta} q\right) - m_1 \left(1 - \frac{r_1^3}{\delta} q_1\right)}$$

und daraus das Volumen V des Körpers

$$= \frac{M}{\Delta}$$

bestimmt für diejenige Temperatur ausgedrückt, auf welche in den Formeln die specifischen Gewichte bezogen sind.

Da nun unsere Waagen sehr kleine Aenderungen der Masse erkennen lassen, so lässt sich bei dieser Volumenbestimmung ein hoher Grad von Genauigkeit erreichen.

Wenn ferner durch obige Formeln zunächst das Volumen eines Vollkörpers gefunden wird, so können sie doch auch, indem man die Masse M in einer zweiten Flüssigkeit wägt, offenbar zur Bestimmung der Dichtigkeit dieser Flüssigkeit führen, indem man bei solcher Wägung einen Ausdruck von der Form

$$M = m_{\prime\prime} \frac{1 - \frac{r_{\prime\prime}^3}{\delta} q_{\prime\prime}}{1 - \frac{R_{\prime\prime}^3}{\Delta} Q_\prime}$$

erhielte, also aus der vorigen und dieser Formel das Verhältniss $\frac{Q_\prime}{Q}$ d. h. das specifische Gewicht der Flüssigkeit, mithin auch das absolute Gewicht eines bestimmten Volumens derselben berechnen könnte.

Sind aber einmal für eine Anzahl Substanzen auf diese Weise die absoluten und specifischen Gewichte genau festgestellt, so wird man diese Kenntniss benutzen können, um nun umgekehrt aus den beobachteten Gewichten die Volumina zu berechnen.

Vernachlässigt man hierbei die feinsten Correctionen, nämlich die Zurückführung des absoluten Gewichtes auf den luftleeren Raum und die Ausdehnung des festen Körpers durch die Wärme, so gestaltet sich die Lösung der Aufgabe in folgender Weise.

Gesetzt, ein Vollkörper verdränge bei der Temperatur t beim Wägen unter Wasser p Gewichtseinheiten, von denen $\frac{p}{n}$ dem Gewicht der Cubikeinheit des Wassers bei der Normaltemperatur, für welche das Gewicht seine richtige Schwere hat, gleich sind, so würde das Volumen des Körpers $= n$ Cubikeinheiten sein, wenn t jene Normaltemperatur gewesen wäre,

sonst muss n mit dem Verhältniss der Dichtigkeit des Wassers bei der Temperatur t zur Dichtigkeit bei der Normaltemperatur, also mit w_t dividirt werden, der Inhalt ist also

$$= \frac{n}{w_t} \text{ Cubikeinheiten},$$

für eine andere Temperatur t_1 würde das Volumen des Körpers, wenn dessen lineare Ausdehnung a ist,

$$= \frac{n}{w_t} (1 \pm a t_1)^3$$

sein.

Wäre z. B. der Gewichtsverlust des Körpers bei 17° C. 13,753 Grammen gewesen, so würde sich das Volumen, da Wasser von 17° gegen Wasser von 4°, für welches 1 Cubikcentim = 1 Gramm ist, nach Hällström eine Dichtigkeit = 0,998856 hat, auf

$$\frac{13{,}753}{0{,}998856} = 13{,}769 \text{ Cubicentim.}$$

berechnen.

Erlaubte die Beschaffenheit des Körpers nicht, die Wägung in Wasser, wohl aber in einer andern Flüssigkeit vorzunehmen, deren Dichtigkeit d gegen Wasser gleicher Temperatur bekannt sei, und wäre wie vorher bei 17° der Gewichtsverlust des Körpers in dieser Flüssigkeit = 13,753 Grammen gewesen, so hätte man das Volumen

$$= \frac{13{,}769}{d}.$$

Obwohl die Correction wegen der Ausdehnung durch Wärme die bedeutendste ist, so wird sie doch in vielen Fällen vernachlässigt werden können und die Wägung dennoch genauere Resultate geben, als die Ausmessungsmethode. Mit Hinweglassung der Wärmecorrection ergiebt sich nun die oben angeführte Inhaltsbestimmung aus dem Gewichtsverluste $p = n$.

Daraus folgen für einige der wichtigsten Maass- und Gewichtsysteme folgende Zahlen.

Der Gewichtsverlust eines Körpers bei der Wägung in Wasser bedeutet:

Gewichtsverlust ausgedrückt in:	Inhalt angegeben in:
Grammen	Cubikcentimeter
alten preussischen Pfunden	$\frac{1}{66}$ rheinl. Cubikfuss
„ „ Lothen	$\frac{9}{11}$ rheinl. Cubikzoll
metrischen Pfunden	$\frac{1}{61{,}738} = 0{,}0161975$ rheinl. Cubikfuss
„ „	$= 27{,}9893$ rheinl. Cubikzoll
engl. Pfunden (a. d. p.)	$= \frac{1}{61{,}003} = 0{,}160495$ engl. Cubikfuss
„ „ „	= 27,682 engl. Cubikzoll.

Auch zur Volumenbestimmung pulverförmiger Substanzen kann die Wägungsmethode benutzt werden. Denn sei das Gewicht einer solchen Substanz g und werde dieselbe in ein Gefäss (Pyknometer) gethan, welches leer p Grammen Wasser enthalten kann, so wird nicht mehr p Wasser hinzugefügt werden können, sondern um den Volumenbetrag des Pulvers weniger; es wiege Pulver und Wasser zusammen p_1, so ist $p + g - p_1 = x$ das im Wassergewicht ausgedrückte Volumen des Pulvers. Wegen der Adhäsion der Luft kann aber hierbei keine erhebliche Genauigkeit erreicht werden.

Dieselbe Inhaltsberechnung wie für Vollkörper findet auch für Hohlräume Anwendung, bei denen wir ermitteln, durch welches Wasser- oder allgemeine Flüssigkeitsgewicht sie erfüllt werden. Findet es sich z. B. dass in ein Gefäss 1 Kilogr. von 20° C. hineingeht, so ist der

Gefässinhalt $\frac{1000}{0,9983} = 1001,_7$ Cubikcentim.; oder soll ein Gefäss gerade 1 Liter Inhalt erhalten, so muss von 20° warmen Wasser 998,3 Grammen hineingehen; oder fasst bei 11° Wärme ein Gefäss 953,6 Grammen Alcohol vom specif. Gew. 0,815 gegen Wasser derselben Temperatur, so ist der Gefässinhalt $\frac{953,6}{0,999654 \cdot 0,815} = 1173,16$ Cubikcentim.

Zur genauen Inhaltsbestimmung kleiner Gefässe, wie der Pyknometer, von Maassröhren u. dergl. bedient man sich der Abwägung des die Gefässe füllenden Quecksilbers, um bei dem hohen specif. Gewichte des Quecksilbers möglichst kleine Fehler in der Raumbestimmung zu erhalten. Ist p das Quecksilbergewicht in Grammen, welches in ein solches Gefäss bei t^0 C. hineingeht, q das specif. Gewicht des Quecksilbers von 0° gegen Wasser von 4°, a der Ausdehnungscoefficient des Quecksilbers für 1° C., so ist der Gefässinhalt in Cubikcentimetern

$$= \frac{p}{q} (1 + at)$$

oder nach der von V. Regnault bestimmten Grösse von q und a

$$= \frac{p}{13,596} (1 + 0,00018153\, t)$$

e. Indirekte Volumenbestimmung durch Stereometer, Volumenometer. Stereometer nannte Say einen Apparat, durch welchen das Volumen eines beliebig gestalteten Körpers, namentlich auch einer pulverförmigen Masse ermittelt wird, indem man sich auf das Boyle'sche oder Mariotte'sche Gesetz stützt, wonach sich das Volumen einer Luftmasse umgekehrt proportional zu ihrer Expansivkraft ändert.

Das Say'sche Instrument besteht aus einer Glasröhre, welche sich oben zu einem weiteren Gefässe G (*Fig. 48*) ausdehnt, das mittelst einer aufgeschliffenen Glasplatte verschlossen werden kann. Wird die nach oben offene Röhre bis zu einer gewissen Marke a unter Quecksilber getaucht und dann die Platte aufgelegt, so ist das zwischen der Platte und der Quecksilberfläche bei a abgeschlossene Luftvolum V von der Dichtigkeit der äusseren Luft, hat also eine Expansivkraft gleich dem Barometerstand q; wird nun die Röhre vertikal in die Höhe gezogen, so dehnt sich die Luft aus, etwa von a bis b (*Fig. 48 b*), während in der Röhre über dem Quecksilberniveau im äussern Gefässe eine vertikale Quecksilbersäule $bc = q_1$ hängen bleibt; die Expansivkraft der auf grösseres Volumen $V + v$ gebrachten Luft hat sich so weit verringert, dass sie + der Quecksilbersäule q_1 = dem Barometerdrucke q ist, folglich ist nach dem Boyle'schen Gesetze

$$V : V + v = q - q_1 : q.$$

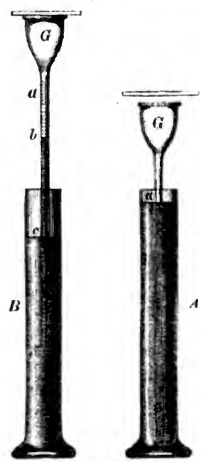


Fig. 48.

Die Röhre ist nach Volumentheilen abgetheilt, so dass das Volumen v zwischen beliebigen Theilstrichen abgelesen werden kann. Wird nun ein Körper vom Volumen x in das Gefäss G gebracht, die Röhre wieder bis a eingesenkt und mit der Platte verschlossen, so ist jetzt ein Luftvolum $V - x$ von der Expansivkraft q abgeschlossen. Erhebt man alsdann die Röhre, bis die Luft sich wieder bis b ausgedehnt, also um v ihr Volumen vermehrt hat, so findet man eine andere Länge q_{II} der Quecksilbersäule von b bis zum Quecksilberniveau und man hat

$$V - x : V - x + v = q - q_{II} : q.$$

Aus beiden Proportionen findet man

$$x = v\left(\frac{q}{q_{\prime}} - \frac{q}{q_{\prime\prime}}\right).$$

Ganz denselben Apparat gab LESLIE noch einmal an, auch sind sonst keine wesentlichen Abänderungen vorgeschlagen, bis KOPP nach Analogie des von AUGUST 1825 erfundenen Differentialbarometers i. J. 1843 ein Volumenometer angab, welches auf der Zunahme der Expansivkraft der Luft bei ihrer Verdichtung gegründet ist, und V. REGNAULT 1845 ein anderes Volumenometer erdachte, welches, wie das SAY'sche, sich auf die Abnahme der Expansivkraft bei der Verdünnung stützt, aber in seiner Construction viel genauere Messung gestattet.

Das KOPP'sche Volumenometer besteht aus einer Pumpe A (*Fig.* 49), aus welcher Quecksilber in das cylindrische Gefäss B hineingetrieben werden kann. B steht mit einem andern Cylinder C in Verbindung, der zur Aufnahme der zu messenden Substanz bestimmt ist und durch eine aufgeschliffene und mit Pressschraube festzusetzende Platte verschliessbar ist. Durch den Deckel von B geht luftdicht eine Röhre ba bis nahe zum Boden von B; ferner sind innen an dem Deckel von B zwei Spitzen s und s_1 von Elfenbein befestigt, die bis zu verschiedenen Tiefen in B hineinragen. Neben ab sind zwei Theilungen angebracht, der Nullpunkt für die eine liegt bei der äussersten Spitze von s, der für die andere bei der Spitze von s_1.

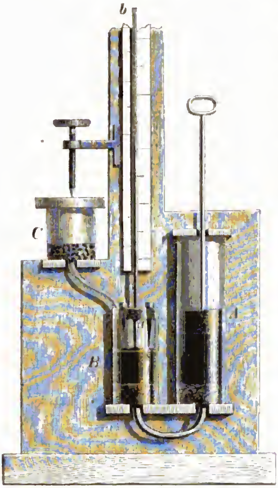


Fig. 49.

Denkt man sich C mit der Platte verschlossen und aus A Quecksilber nach B getrieben, so wird in C und dem oberen Raume von B Luft genau von der Dichtigkeit der äussern in dem Augenblicke abgeschlossen werden, sobald das Quecksilber die untere Oeffnung a der Röhre ab erreicht hat. Wird weiter Quecksilber nach B gepresst, bis seine Oberfläche die Spitze s berührt, so ist das zuerst abgesperrte Luftvolum um den Betrag des Inhaltes von B zwischen a und s verringert worden und umgekehrt proportional ist die Expansivkraft gesteigert, es wird also eine Quecksilbersäule in die Röhre ab hineingetrieben werden. Wird nochmals Quecksilber bis zur Berührung von s_1 nach B geführt, so steigt abermals das Quecksilber in ab. Werden endlich dieselben Operationen vorgenommen, aber nachdem zuvor der zu untersuchende Körper in C eingebracht war, so erhält man, weil jetzt das Verhältniss der resp. Luftverdichtungen ein anderes geworden ist, andere Längen für die in ab aufgetriebenen Quecksilbersäulen. Es sei V das Luftvolumen in C und B im Momente der Absperrung bei a, $V_{\prime}$ das Volumen in C und B, sobald das Quecksilber s erreicht hat, $V_{\prime\prime}$, sobald es bis $s_{\prime}$ getrieben war, ferner seien $q_{\prime}$ und $q_{\prime\prime}$ die Quecksilberhöhen in ab bei diesen beiden Compressionen, wenn der Apparat leer war, dagegen $n_{\prime}$ und $n_{\prime\prime}$, wenn ein Körper vom Inhalte x in C befindlich ist, Q der Barometerstand, so hat man nach dem BOYLE'schen Gesetze folgende Proportionen

$$V : V_{\prime} = Q + q_{\prime} : Q \quad \ldots \quad 1)$$

$$V : V_{\prime\prime} = Q + q_{\prime\prime} : Q \quad \ldots \quad 2)$$

$$V - x : V_{\prime} : - x = Q + n_{\prime} : Q \quad \ldots \quad 3)$$

$$V - x : V_{\prime\prime} : - x = Q + n_{\prime\prime} : Q \quad \ldots \quad 4).$$

Da $V V_{\prime} V_{\prime\prime}$ sich entweder durch Ausmessung ein für allemal bestimmen lassen, oder dadurch, dass der Versuch mit einem Körper von gemessenem Inhalte statt des Körpers x gemacht und dann aus 1) und 3) beziehentlich 2) und 4) das Verhältniss $\frac{V}{V_{\prime}}$ oder $\frac{V}{V_{\prime\prime}}$ berechnet wird, so genügt dann eine der Proportionen 3) oder 4) um x zu bestimmen, als

$$= V_{\prime} - \frac{Q\,(V - V_{\prime})}{n_{\prime}} = V_{\prime\prime} - \frac{Q\,(V - V_{\prime\prime})}{n_{\prime\prime}},$$

beide Proportionen dienen also zur gegenseitigen Controlle.

Die genaue Einstellung des Quecksilberniveaus bei den Spitzen mittelst der Pumpe ist nicht ohne Schwierigkeit, ferner ist die Dichtung des Gefässes C ein Uebelstand, wenn man mit etwas starken Compressionen arbeiten will, um nicht zu geringe Quecksilbersäulen in ab zu erhalten. Uebrigens aber wird man bei sorgfältiger Behandlung mit dem Kopp'schen Instrumente, vorausgesetzt, dass die Theilungen mit feiner Vernierablesung versehen sind, nahe dieselbe Genauigkeit der Messung erreichen können, wie mit dem Regnault'schen Apparate, der indessen für genaue Beobachtungen bequemer und sicherer ist.

Dieser Apparat besteht aus dem zur Aufnahme des zu messenden Körpers bestimmten kugelförmigen Gefässe g (*Fig. 50 B*), welches mit der durchbohrten Platte p an den oberen Röhrenansätzen fest zu verschrauben ist; g steht einerseits durch die Spitze s mit der Luft in Verbindung, welche jedoch durch den Hahn k abgeschlossen werden kann, anderseits durch eine Zwischenröhre hd mit den communicirenden und vertikal zu stellenden Röhren dc und ab, von denen dc bei f und f_1 Erweiterungen* und bei den Punkten m $m_{\prime}$ und $m_{\prime\prime}$ feine feste Marken hat; dc und ab sind durch einen T förmig durchbohrten Hahn l in Verbindung zu bringen, oder gegen einander abzuschliessen und zugleich kann durch diesen Hahn nach Belieben Flüssigkeit aus dc oder aus ab ausgelassen werden.

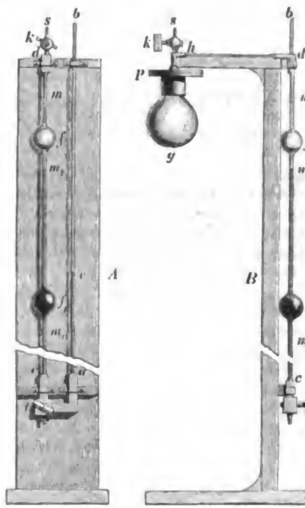


Fig. 50.

Es sei nun der Inhalt des Gefässes g mit Einschluss der Röhrenstücke bis $m = V$, der Inhalt von m bis $m_{\prime} = v$, von m bis $m_{\prime\prime} = v_{\prime\prime}$ welche Volumina sich sehr genau bestimmen lassen, indem man den Apparat von c bis g mit Quecksilber füllt und successive die Gewichte der ganzen Flüssigkeitsmasse und der von m bis c, $m_{\prime}$ bis c, $m_{\prime\prime}$ bis c die Röhren füllenden Flüssigkeit abwiegt.

Füllt man zuerst Quecksilber bei hergestellter Verbindung zwischen ab und cd und geöffnetem Hahne k in ba ein, bis dasselbe die Marke m erreicht hat, und schliesst dann den Hahn k, so ist ein Luftvolumen V von der Expansivkraft q der äussern Luft abgesperrt. Lässt man dann nur aus dc Quecksilber auslaufen, stellt dann die Verbindung zwischen ab und cd wieder her, so steigt das Quecksilber in cd höher wie in ab und man kann es durch einige Proben dahin bringen, dass es gerade bis zur Marke $m_{\prime}$

* Bei Regnault ist nur eine Erweiterung der Röhre bei f angebracht; ich habe eine zweite bei einem Apparate hinzusetzen lassen, um bei einem zweiten Controllversuche eine erhebliche Verdünnung der Luft zu erhalten.

steigt, wobei dann etwa das Quecksilber in ab bei e steht. Nun ist das abgesperrte Luftvolumen V zu $V+v$ geworden und dessen Expansivkraft hat sich um den Betrag des Druckes der vertikalen Quecksilbersäule zwischen m und $e = q_{\prime}$ vermindert. Man hat also

$$V : (V + v) = (q - q_{\prime}) : q \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1).$$

Der vertikale Abstand $m_{\prime}e$ wird durch ein Kathetometer gemessen, q kann an einem Barometer abgelesen werden.

Brächte man nun einen Körper vom Inhalte x in g ein und verführe successive ebenso, so erhielte man für das Volumen $V - x$ eine Expansivkraft q, für das Volumen $V - x + v$ eine Expansivkraft $q - q_{\prime\prime}$, wo $q_{\prime\prime}$ die nun beobachtete Höhendifferenz zwischen $m_{\prime}$ und dem Quecksilber in ab ist; folglich

$$V - x : V - x + v = (q - q_{\prime\prime}) : q \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2).$$

Sind V und v ausgemessen, so reicht die letztere Proportion aus, um x zu finden, nämlich

$$x = V + v - \frac{q}{q_{\prime\prime}} v.$$

In Verbindung mit der ersten Beobachtung lässt sich aber auch V eliminiren und man erhält wie oben beim SAY'schen Stereometer

$$x = v \left(\frac{q}{q_{\prime}} - \frac{q}{q_{\prime\prime}}\right).$$

Dieselbe Beobachtung an der Marke $m_{\prime\prime}$ angestellt, würde einen Controllwerth

$$x = v_{\prime} \left(\frac{q}{q_{\prime}} - \frac{q}{q_{\prime\prime}}\right)$$

ergeben.

Statt V zu eliminiren, wodurch man der Ausmessung dieses Theiles des Apparates überhoben wird, aber dafür bei den Beobachtungen eines Barometers bedarf, um q zu wissen, kann man aus 1) und 2) auch q eliminiren. Ferner kann man neue Controllversuche dadurch machen, dass man die durch die ersten Versuche verdünnte Luft wieder durch Nachgiessen von Quecksilber in ab verdichtet, wo dann schliesslich genau die gleiche Quecksilberhöhe in beiden Schenkeln eintreten muss, wenn das bis m abgesperrte Luftvolumen wiederhergestellt ist. Oder man kann, von dem Luftvolumen $V + v_{\prime} - x$ beginnend, durch Compression die Volumina $V + v - x$ und $V - x$ successive herstellen. Die für diese verschiedenen Fälle höchst einfache Ableitung der Formeln kann füglich übergangen werden.

Was nun die Anwendbarkeit dieser Apparate zu genauen Volumenbestimmungen betrifft, so ist zwar anzuerkennen, dass sie sich zur Ermittlung des Volumens pulverförmiger Substanzen sehr gut eignen, wobei freilich ein Fehler wegen der Adhäsion der Luft auch nicht vermieden werden kann, der aber bei anderen Methoden noch viel grösser ist.

Dagegen hat man sich von der Feinheit der Messung nicht viel zu versprechen, wie man bei Untersuchung der Berechnung am REGNAULT'schen für feinere Bestimmungen am besten geeigneten Volumenometer leicht ersehen kann; $q_{\prime} q_{\prime\prime} q_{\prime\prime\prime}$ sind nämlich, wenn der Apparat nicht unbrauchbare Dimensionen erhalten soll, erheblich kleiner wie q; ein Fehler in der Beobachtung dieser Grössen wird also einen bedeutenden Einfluss haben. Feinere Ablesungen wie $0^{mm},02$ wird man nicht verbürgen können, wenn auch die Kathetometer viel feinere Einstellungen gestatten. Wirken Ablesungsfehler von 0,02 bei $q_{\prime}$ und $q_{\prime\prime}$ in demselben Sinne, so kann leicht die ganze Volumenbestimmung um 1 Promille falsch werden.

Beispielsweise sind annähernd die Volumina bei einem REGNAULT'schen Apparate in der Sammlung der Kieler Universität $V\ 200^{cc}\ v = 20^{cc}$; bei einem Barometerstande $= q$ würde also $q_{\prime} = \frac{1}{11} q$ werden. Hätte man einen Körper von 100^{cc} in g gelegt, so wären die Luftvolumina

beziehlich $200 - 100 = 100$ und $200 + 20 - 100 = 120$ und $q_{,,}$ müsste $\frac{1}{6} q$ werden, wo dann die Formel

$$x = v\left(\frac{q}{q_{,}} - \frac{q}{q_{,,}}\right) = 20\,(11 - 6) = 100$$

ergiebt.

Wäre aber bei mittlerem Barometerstande $q = 760^{\text{mm}}$

$$\text{statt } \frac{1}{11} q = q_{,} = 69{,}09 \text{ abgelesen } 69{,}07$$

und

$$\text{statt } \frac{1}{6} q = q_{,,} = 126{,}67 \quad \text{„} \quad 126{,}69,$$

so würde

$$x = 100{,}09$$

berechnet.

Eben so erhebliche Fehler können dadurch veranlasst werden, dass die Temperatur der abgeschlossenen Luft sich während der Beobachtung ändert, dass kleine Verschiedenheiten des Volumens V beim Anschrauben des Gefässes g entstehen können. Solide Körper und Hohlräume werden daher durch die Wägungsmethode immer genauer in ihrem Inhalte zu bestimmen sein.

f. Messung von Volumentheilen, Calibriren. Die Herstellung von Maassgefässen und anderen zur direkten und indirekten Volumenmessung bestimmten Vorrichtungen, z. B. der Skalenaräometer, Eudiometer, Thermometer u. s. w., fordert die Lösung der Aufgabe, einen Körper in n gleiche und bestimmte Theile zu theilen, oder den Volumenwerth einer am Körper angebrachten Theilung zu ermitteln. Dies Ausmessen von Volumentheilen wird „Calibriren“ genannt.

Vollkörper von unregelmässiger Begränzung durch Marken an ihrem Umfange zu calibriren, wird eine kaum vorkommende Aufgabe sein, doch liesse sich dieselbe erforderlichen Falles nach den angegebenen Messungsmethoden z. B. durch die Wägungsmethode lösen. Gesetzt, das ganze Volumen eines solchen Körpers wäre V und sein Gewicht wäre P, sein Gewichtsverlust im Wasser $= p$, es sollten auf dem Umfange Schnittebenen durch Marken angegeben werden, die den Körper in n gleiche Theile zerlegten. Man würde dann auf der Waage von dem Gewichte P successive Gewichte jedesmal im Betrage von $\frac{p}{n}$ hinwegnehmen und den Körper bis zur Gleichgewichtsstellung der Waage in Wasser tauchen lassen; die successiven Durchschnitte der Wasserebene durch den Körper würden die von $\frac{1}{n}$ zu $\frac{1}{n}$ fortschreitenden Theilflächen bezeichnen.

Häufiger wird die Aufgabe sein, einen regelmässig gestalteten Vollkörper, z. B. einen Cylinder, wie solcher u. A. von dem oberen Theile des Skalenaräometers gebildet wird, in gleiche Theile von bestimmter Grösse zu zerlegen. Die Eintheilung geschieht empirisch, indem man das Volumen des Cylinders durch ein Wägungsverfahren ermittelt und zwischen den Endpunkten der anzubringenden Skale n Längentheile anbringt. Soll z. B. ein Skalenaräometer getheilt werden, um die verhältnissmässigen Volumina von einer gleichen Gewichtsmenge von Wasser und schwereren Flüssigkeiten zu bezeichnen, so wird das Gewicht des hohlen Gefässes g in *Fig. 51* (S. 570) durch Eingiessen von Quecksilber regulirt, bis es zu einem oberen Punkte a des cylindrischen Halses ab im Wasser einsinkt; darauf wird es in eine schwerere Flüssigkeit von bekanntem specif. Gewichte, etwa $= 1{,}25$ getaucht, in welches es nur bis c einsinkt, wobei sich das Volumen der verdrängten Flüssigkeit zu dem im ersten Falle umgekehrt, wie die specif. Gewichte, also wie $0{,}8 : 1$ verhält. Bei c würde also ein Volum 0,8 an der Skale zu verzeichnen sein, wenn das Volumen bei $a = 1$ ist. Bei vorausgesetzter genauer Cylinderform des Halses würde also eine Skale nach Hunderttheilen

des Wasservolumens aufgetragen werden können, wenn die Grade eine Grösse von $\frac{1}{20}$ des Abstandes zwischen *a* und *c* erhielten.



Fig. 51.

Fehler in der Cylinderform des Halses lassen sich zwar corrigiren, indem man entweder die Grade der Theilung entsprechend den Abweichungen der Cylinderform von ungleicher Grösse macht, oder die Abweichungen der Werthe der Theilstriche bei gleichen Graden empirisch ermittelt, indessen wird man bei der Verfertigung dieser Klasse von Apparaten, um die Weitläuftigkeit der Correctionen zu vermeiden, möglichst cylindrische Röhrenstücke auswählen. Skalenaräometer bei gleicher Länge der Grade geben, von geschickten Künstlern wie J. G. Greiner jun. u. A. verfertigt, das Volumen bis auf $\frac{1}{1000}$ sicher an.

Am gewöhnlichsten ist endlich die Aufgabe der Volumentheilung für Hohlräume und zwar wiederum solcher von regelmässiger meist cylindrischer Gestalt. Abwägung von Quecksilbermengen, welche einer bestimmten Volumeneinheit gleich sind, liefert bei weiteren Gefässen, Eudiometerröhren u. dergl. die erstere gröbere Eintheilung, welche alsdann durch lineare Theilung in feinere Theile zerlegt wird. Soll z. B. die gröbere Theilung Cubikcentimeter geben, so sind bei der Temperatur *t* des Quecksilbers

$$\frac{13,596}{1 + 0,00018153\, t} \text{ Grammen}$$

Quecksilbers abzuwägen, diese in das vertikal gestellte Gefäss zu schütten und genau in der Ebene des Niveaus ein Theilstrich am Cylindermantel zu ziehen.

Um letztere Operation leicht und sicher auszuführen, hat man mit dem Reisswerke, welches den zum Schneiden der Theilstriche bestimmten Diamanten trägt, eine Spitze, welche genau in der Horizontalebene des Diamanten liegt, so verbunden, dass dieselbe in das Innere des Gefässes reicht und durch Berührung der Flüssigkeitsoberfläche genau den Punkt bezeichnet, bis zu welchem das Reisswerk bewegt werden muss, um an der richtigen Stelle das Gleichgewicht zu geben.

Zu beachten wird bei der Benutzung eines solchen calibrirten Gefässes sein, dass, wenn eine andere Flüssigkeit wie Quecksilber darin gemessen wird, wegen der verschiedenen Oberflächenform der Flüssigkeiten die erste Abtheilung der Theilung fehlerhaft ist und um den Betrag der zwischen den beiden Oberflächenformen, des Quecksilbers und der anderen Flüssigkeit corrigirt werden muss. Ebenso, wenn eine an einem Ende verschlossene Maassröhre durch Einfüllen des gewogenen Quecksilbers calibrirt wurde, aber bei der Benutzung, z. B. zum Messen von Gasen, mit Quecksilberabschluss in umgekehrter Stellung benutzt wird, so ist die letzte Abtheilung bei der Ablesung um den doppelten Betrag des Raumes fehlerhaft, der zwischen der Quecksilberkuppe und der Gefässwandung liegt.

Das Theilen des Inhaltes enger Röhren, wie z. B. der Thermometerröhren, geschieht durch lineare Theilung, nachdem man sich vor Verarbeitung der Röhre von ihrer cylindrischen Form überzeugt hat. Dies geschieht am einfachsten dadurch, dass ein Stück der Röhre mit Quecksilber gefüllt und dieser Quecksilberfaden successive über die ganze Länge der Röhre verschoben wird, eine Methode, die schon früh in Gebrauch war (Hennert 1758, Lambert 1779) und noch jetzt allgemeine Anwendung findet. Wenn die Röhre überall gleichen Querschnitt haben, sich also als cylindrisch beweisen soll, so muss die Länge des Quecksilberfadens überall dieselbe sein.

Eine nicht cylindrische Röhre lässt sich durch ein ganz ähnliches von Gay Lussac angegebenes Verfahren calibriren, indem aus der Aenderung der Länge bestimmt wird, welche ungleichen Abstände die auf der Skale anzubringenden Theilstriche erhalten müssen. Eine eigene Theilmaschine gab Rudberg an.

Es kann aber auch die in gleiche Theile getheilte Skale, wie Bessel zeigte, bei nicht cylindrischen Röhren in derselben Weise für die Angabe der gleichen Volumenwerthe berechnet werden, indem man an der Skale selbst beobachtet, welche verschiedenen Längen ein Quecksilberfaden an verschiedenen Stellen der Röhre einnimmt.

Die genauere Angabe dieser Correctionsmethoden wird bei der Besprechung der speciellen Instrumente stattzufinden haben. (S. übrigens den Literaturnachweis.)

g. Messung vom Vielfachen eines Volumens. Das Vielfache eines Volumens wird, wie aus dem Gesagten erhellt, sich auf die Wiederholung der einfachen Volumenmessung zurückführen, wie schon die Theilung eines ganzen Volumens diese Wiederholung der Volumenbestimmung einzelner Theile in sich schliesst. Hierauf beruht das üblichste Verfahren bei der Aichung oder Ajustirung grosser Gefässe oder bei der Ermittlung grosser Massen, die durch eine einzelne Messungsoperation nicht zu ermitteln sind, z. B. der Wassermenge, welche ein Bach in bestimmter Zeit liefert, der Masse des Soolwassers, welches zur Gradirung geleitet wird u. s. w. Die Aichung kann dabei nach der Ausmessungs- oder auch nach der Wägungsmethode vorgenommen werden.

Der Grundidee nach ist es nichts anderes wie dieses Aichungsverfahren, welches bei einer Anzahl zur Messung von Flüssigkeiten und Gasen bestimmten Instrumenten, nämlich bei einigen Arten der Wassermesser, der Spiritusapparate, bei den Gasuhren u. s. w., Anwendung findet.

Diese Apparate sollen sämmtlich Registerinstrumente sein, d. h. eine Einrichtung haben, welche die Zahl der in einem verflossenen Zeitraume erfolgten Messungsoperationen von gleichem Werthe angeben. Zu dem Zwecke wird die Bewegung des sich entleerenden Maassgefässes in sehr verschiedener Weise verwendet, um ein Zählerwerk in Gang zu setzen. Bei den Spiritusmessern kommt noch die Aufgabe hinzu, auch die Qualität der gemessenen Flüssigkeit zu registriren, was gewöhnlich so geschieht, dass eine kleine Probe aus jeder Maasseinheit in ein besonderes Gefäss entleert wird.

Da diese Vorrichtungen nur mehr oder weniger genaue, wenn auch für technische Verwendungen ausreichende Messungen erlauben, so wird es genügen, dieselben hier angedeutet zu haben, und im Uebrigen auf die technische Literatur verwiesen.

h. Indirekte Volumenmessung durch Messung der Bewegung einer Masse. Da eine bewegte Masse, indem sie auf eine andere trifft, derselben eine Bewegung ertheilt, so wird, wie schon oben erwähnt ist, durch die Kenntniss der Gesetze für diese mitgetheilte Bewegung auf die Masse, mithin auf das Volumen des dieselbe veranlassenden Körpers geschlossen werden können, sobald man das Resultat der erzeugten Bewegung beobachtet oder misst.

Wir berechnen z. B. aus der Bewegung, die wir am ballistischen Pendel beobachten, aus der bekannten Masse des Pendels und derjenigen der Kugel die Geschwindigkeit der letzteren. Folglich würde umgekehrt auch mit bekannter Geschwindigkeit der Kugel deren Masse und, wenn noch die Dichtigkeit bekannt wäre, deren Volumen berechnet werden können.

Eine solche beobachtete Bewegungsgrösse wird nun zwar kaum zur Volumbestimmung für feste Körper benutzt, wohl aber vielfach für Flüssigkeiten.

Im Wesentlichen werden drei Klassen der hierher gehörigen Messwerkzeuge unterschieden werden können: 1. Bestimmung der Menge durch Ausflussgeschwindigkeit einer Flüssigkeit unter bekanntem Druck, 2. Bestimmung der Menge durch direkte Beobachtung der Geschwindigkeit (Schwimmer, Woltmann'scher Flügel u. s. f.), 3. Bestimmung der Menge durch die beobachtete Wirkung des Stosses.

Die erste Klasse beruht auf dem Gesetze für die in der Sekunde gelieferte Ausflussmenge Q einer Flüssigkeit aus einer Oeffnung vom Querschnitt F und unter der Druckhöhe h, wonach

$$Q = nF\sqrt{2gh}$$

ist, wo n einen für jeden besonderen Apparat zu bestimmenden Coëfficienten > 1 bedeutet. Die Apparate bestehen also aus Gefässen mit einer Ausflussöffnung von bestimmter Form und Grösse, n wird durch Versuche mit bekannten Ausflussmengen festgestellt und h (bei Flüssigkeiten, die dem h entsprechende Expansivkraft bei Luftmassen) durch lineare Messung ermittelt.

Die zweite Klasse der Apparate benutzt die direkt an leichten schwimmenden Körpern (bei Flüssigkeiten: Hohlkugeln, Schwimmstäbe u. dergl.; bei der Luft: Ballons) zu beobachtende oder an der Umdrehungsgeschwindigkeit einer leicht beweglichen, in die Flüssigkeit getauchten

Vorrichtung zu messende Geschwindigkeit c, um aus dieser und dem gleichfalls zu messenden Querschnitte F, durch welchen die Flüssigkeit sich bewegt, die Menge $Q = F \cdot c$ zu finden. Der vorzüglichste Apparat dieser Klasse ist der WOLTMANN'sche Flügel, der in STEVENSON's Hydrometer nur unwesentliche Constructionsänderungen erhalten hat. Dieser Apparat besteht aus einem, den Windmühlenrädern ähnlichen, sehr leicht beweglichen Flügelrade, welches der bewegten Flüssigkeit normal entgegengerichtet, dadurch in Rotation versetzt wird und die Axendrehung auf ein Zählerwerk überträgt. Die einer bestimmten Umdrehungszahl entsprechende Geschwindigkeit der Flüssigkeit wird durch den Versuch bestimmt, indem man den Apparat in eine bewegte Flüssigkeit bringt, deren Geschwindigkeit anderweitig ermittelt ist, oder auch, indem man in einer ruhenden Flüssigkeit den Apparat mit gemessener Geschwindigkeit bewegt.

Bei der dritten Klasse der Apparate endlich lässt man die bewegte Flüssigkeit im Stosse oder durch Rückwirkung auf einen Körper wirken und beobachtet die Bewegung der gestossenen Masse. Die Theorie dieser Apparate ist verschieden, je nachdem eine Flüssigkeitssäule gehoben (PITOT'sche Röhre), oder ein pendelartig aufgehängter Körper aus der Gleichgewichtslage gebracht (Strompendel, Wasserhebel u. s. w.), oder ein tourbinenartiges Rad in Drehung versetzt wird; sie kommt aber immer darauf hinaus, aus dem Stosseffecte die Geschwindigkeit der stossenden Flüssigkeit und dann aus dieser Geschwindigkeit und dem zu messenden Querschnitte der Flüssigkeit die Menge derselben zu bestimmen. Ein sinnreicher und, wie es scheint besonders zuverlässiger Apparat dieser Klasse ist der SIEMENS'sche Wassermesser, der mit Hülfe der vom ausfliessenden Wasser einer kleinen Tourbine ertheilten Geschwindigkeit die Menge des ausfliessenden Wassers bestimmt und registrirt.

Literatur.

a. Allgemeines über Körperausmessung.

DOVE Maass und Messen S. 141 *.
TH. YOUNG l. c. II. 156 * *ganging and measurement of solids.*
Mathematische Bestimmung des Inhalts verschiedener Körper s. Literatur des vorigen Paragraphen; auch:
KLÜGEL Art. Vieleckige Körper; im Mathem. Wörterbuch V. 847.

b. Ermittelung des Volumens durch Messung, für praktische Zwecke.

Z. PLANTIN Ausmessung der Wein- und Brunnengefässe. Abh. d. schwed. Akad. a. d. J. 1774 übers. v. Kästner S. 160 *.
EYTELWEIN Ueber das Visiren der Fässer. Abh. der Berlin. Akad. 1803 S. 93 *.
Anweisung, den Tonnengehalt der Schiffe zu berechnen. *Mech. Mag.* VI. 422.
CONNINCK Differentiometer; Instrument, um die Wasserträchtigkeit zu messen. Dingl. p. J. L. 393; *Rec. ind.* XXVII. 199.
Verschiedene Arten, den Tonnengehalt der Schiffe zu bestimmen. *Nautic. Mag.* (1.) III. 9. 84. 147.
Englische Instruction, den Tonnengehalt der Kauffahrer zu messen. Ibid. (1.) IV. 777.
Amerikanische Methode, den Inhalt von Schiffsgefässen zu messen. *Ann. mar. 1855* (n. o.) I. 230.
Instruction für die Schiffsmessung. Beilage I zu dem Gesetz- und Ministerialbl. f. d. Herzogthümer Holstein und Lauenburg 1861 *.
YOUNG Schiebemaass für Fässer. *Quart. J.* XVI. 357; *Edinb. ph. j.* X. 382; *Phil. Mag. a. j.* LXIII. 415.
Neue Regel, rundes Bauholz zu messen. *Mech. Mag.* IV. 100.
EBBE Dendrometer, Baummesser. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1838 S. 337.
MASQUELIER Baummesser. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1841. p. 113.
NOLLET und SANLAVILLE Baummesser. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1842. p. 37; *Rec. d. l. s. pol.* (4.) I. 148.
KIRCHNER Baummesser. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1842 p. 318.
OLIVIER und DESBORDES Baummesser. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1843 p. 2; Dingl. p. J. LXXXIX. 11 *.
SUCHY Dendrometer. Gewbl. 1854 S. 392.
J. A. GRUNERT über den Inhalt der Fässer. Grun. Arch. XX. 301 *; Dingl. p. J. CXXX. 319 *.
LIGOWSKI Inhaltsberechnung nach einer einzigen Formel. Berlin 1847.
E. F. AUGUST Ueber die Ausmessung der Körperstumpfe. Berlin 1849. 4. * (Programm).

c. Ermittelung des Volumens durch Ausmessen mit Flüssigkeiten.

S. die verschiedenen Instructionen für Aichungsbehörden über das Aichen der Hohlmaasse.

KIRCHMAYER's Aichapparat für Flüssigkeitsmaasse. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1859 S. 54 * (das Normalmaass mit communicirender Röhre versehen, um Unterabtheilungen der Maasseinheit aus dem Normalgefässe ablassen zu können).

C. T. COATHUPE *descriptive account of some new instruments for correctly graduating glass tubes for eudiometrical and other purposes. Mech. Mag.* XXXIV. 338 * (1841); Dingl. p. J. LXXVI. 237 *. LXXXI. 99 * (Pumpe mit Vorrichtung, gemessene Quantitäten Quecksilber in die zu theilenden Gefässe zu bringen).

BUNSEN *on an convenient instrument for graduating glass tubes. Phil. Mag.* (3.) XXIX. 99 * (Theilung der Röhren durch Einreissen der Theilstriche mit einem Stangenzirkel in einen Wachsüberzug, Einätzen der Striche in das Glas und Ermittlung des Werthes ihrer Abstände durch Quecksilber [gemessen oder gewogen]).

K. WESTHOFF Apparat zum Graduiren cylindrischer Gefässe. Polyt. Centrbl. n. F. 1854. VIII. 166 *; Ann. d. Ch. u. Pharm. LXXXVIII. 131 (Theilung in Kupferstecherfirniss und Einätzen).

HUDSON Fabrikation von Gläsern zum Messen der Flüssigkeiten. Dingl. p. J. CXXXVIII. 89 * (1855); *Pract. mech. J.* 1855 p. 107 (Pressen von Maassgläsern in Formen bestimmten Inhaltes).

ECKFELDT and DUBOIS *Apparatus for taking specific gravity. Sillim. J.* (2.) XXII. 294; *Proc. of Amer. phil. soc.* VI. 193.

R. ARENDT Ueb. eine Methode zum Calibriren der Quetschhahnburetten. Polyt. Centrbl. 1857. S. 194; Chem. C. Bl. 1856 S. 865.

G. OSANN Einfaches Verfahren, das specif. Gewicht fester Körper zu bestimmen. Pogg. Ann. CVI. 334; Chem. C. Bl. 1859 S. 113; Polyt. Centr. Bl. 1859 S. 621; N. Jahrb. d. Pharm. XI. 361 (durch Bestimmung des Volums beim Eintauchen in ein calibrirtes Gefäss; eine gleiche Methode gab früher ein Gen. Maj. CHRISTENSEN an und construirte hiernach einen von ihm Plinthohydrometer genannten Apparat, einen parallelopipedischen Kasten von genau 1 Quadr. Dec. M. Querschnitt, in welchem durch Schraubenführung ein Maassstab bis zur Berührung der Flüssigkeitsoberfläche hinabgesenkt und somit das im Gefässe enthaltene Flüssigkeitsvolumen bestimmt werden konnte).

J. VENTRESS Stereometer. *Edinb. n. ph. j.* 1827. II. 143; Jahrb. d. pol. Inst. XIV. 279 *; Baumg. und Ettingh. Zeitschr. III. 322 * (Zur Messung des Volums pulverförmiger Substanzen durch Ausmessung der aus ihnen unter Wasserbedeckung verdrängten Luft).

d. Volumenberechnung aus Wägungen

s. u. die Literatur bei Bestimmung des absoluten und specifischen Gewichtes.

e. Volumenometer.

H. SAY *Description d'un instrument propre à mesurer le volume des corps, sans les plonger dans aucun liquide. Ann. de chim.* XXIII. 1 * (1797) Gilb. Ann. II. 230 *.

LESLIE *Ann. of phil. by* CHILDREN *and* PHILLIPS XI. 313 (1826) *Quart. J.* XXI. 374; Kastn. Arch. VIII. 326 *; *Mech. Mag.* VI. 315; Jahrb. d. polyt. Inst. XII. 94 (ist ganz das SAY'sche Instrument).

Lond. and Edinb. Phil. Mag. (3.) V. 203; Dingl. p. J. LIV. 444 (unwesentliche Veränderung des Leslie'schen Instr.).

KOHLMANN Leslie's verbessertes Stereometer zur Bestimmung des Raumes poröser oder pulverförmiger Substanzen. Zeitschr. f. Naturw. II. 104; Berl. Ber. IX. 28 (1853) (unwesentliche Veränderung).

H. KOPP's Volumenometer. Annal. d. Chem. u. Pharm. XXXV. 17; *Ann. de ch. et de ph.* (3.) VI. 380.

V. REGNAULT *Note sur un volumenomètre. Ann. de ch. et de ph.* (3.) XIV. 207 * (1845); Pogg. Ann. LXVI. 445 *.

GRASSI Ueb. die Anwendung des Volumenometers (von REGNAULT) zur Bestimmung des wirklichen Volums der Körper. Dingl. p. J. CIV. 428 *; *Journ. de pharm.* 1847 p. 184 (Beispiel der Benutzung).

f. Messung von Volumentheilen, Calibriren.

Ueb. Theilung von Vollkörpern, Aräometerskalen u. s. f. s. u. bei Bestimmung des specif. Gewichts und Hydrostatik bei Aräometrie; ferner auch MUNCKE Art. Aräometer in Gehl. n. ph. W. I. 349 * (1825).

A. BAUMGÄRTNER Aräometrie oder Anleitung zur Bestimmung des specifischen Gewichtes und zur Verfertigung genauer Aräometer für Chimisten und Technologen. Wien 1820.

Calibriren von Maassröhren und Gefässen, s. BERZELIUS Lehrb. d. Chemie IV. 2. Abth. Art. Messen. S. auch ob. sub c.

Calibriren von Thermometerröhren:

MUNCKE Art. Thermometer in Gehl. n. ph. W. IX. 940 * (1839), wo die Literatur über diesen Gegenstand zu finden ist.
BESSEL Methode, die Thermometer zu berichtigen. Pogg. Ann. VI. 287 * (1826).
EGEN Ueber die Verfertigung der Thermometer. Pogg. Ann. XI. 276. 335. 517. XIII. 33 * (1827).
KÖRNER Anleitung, übereinstimmende Thermometer zu verfertigen. Jena 1824.
RUDBERG Ueb. Construction der Thermometer. Pogg. Ann. XXXVII. 376. XL. 39. 582 * (1836. 37).
KUPFER *Instructions pour faire des observations météorologiques*. St. Pét. 1836. 8.

g. Messung von Vielfachen eines Volumens. Aichung. Wasser-, Spiritus-, Gas-Messer. S. ob. sub c.
SCHUBARTH l. c. S. 449 * Hydrometer (giebt unter diesem Namen auch über Aräometer und über Geschwindigkeitsmesser Nachweis) S. 358 * Gasmesser; sehr vollständige technische Literatur.

h. Volumenmessung durch Bewegung.

SCHUBARTH l. c. S. 15 * Anemometer. S. 427 * Tachymeter (Hydrometer).
MUNCKE Art. Strom in Gehl. n. ph. W. VIII. 1178 *.
BRUNTON Instrument, die Menge, das spec. Gewicht und die Temperatur einer durchfliessenden Flüssigkeit zu messen. Dingl. p. J. XXXIV. 81; *Rep. of pat.* (1.) VIII. 385. *Lond. J.* (2.) III. 290; *Bull. d. sc. techn.* XVII. 125.
ARNOLD Flüssigkeitsmesser zugleich Aräometer. Dingl. p. J. LI. 454; *London J.* (2.) 177.
J. WEISBACH Lehrb. d. Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Braunschweig 1845. I. 502 *; Hydrometrie II. 399 *; Windgeschwindigkeit (woselbst auch Literatur über Geschwindigkeitsmesser).
W. SIEMENS Patent-Wassermesser, angefertigt von Siemens und Halske in Berlin *. lith. 4.

5. Messen der Masse.

A. Die Hebelwaagen.

§ 182.

Messen einer Masse heisst die Grösse der Erdanziehung auf den zu messenden Körper durch die auf eine zur Maasseinheit gewählte Masse, die Gewichte, ausgeübte ebenso grosse Erdanziehung ausdrücken.

Dies kann direkt geschehen, durch die verschiedenen Wägungsmethoden, oder indirekt, durch Beobachtung von Wirkungen, die von der Masse eines Körpers abhängig sind.

Beim Wägen eines Körpers beobachten wir, welche Gewichtsmenge erforderlich ist, um dieselbe, oder eine nach statischen oder hydrostatischen Grundsätzen gleiche Wirkung hervorzubringen, wie durch den Körper.

Die wichtigsten Wägungsmethoden und Wägungsvorrichtungen beruhen auf drei verschiedenen Arten der Herbeiführung einer gleichen Wirkung für Körper und Gewichte, nämlich:

1. Gleichgewichtsstellung an einem Hebel oder einem Systeme von Hebeln (gleicharmige Waage, Schnellwaage, Brückenwaage, Zeigerwaage);
2. Gleichgewichtsstellung durch hydrostatischen Druck (Aräometer mit Auflagegewicht oder Senkwaagen);
3. Gleichgewichtsstellung gegen die Formänderung eines elastischen Körpers (Dynamometer, Federwaagen, Torsionswaagen).

Indem es hier darauf ankommt, diese verschiedenen Methoden zur Massenbestimmung zu erläutern und den Grad ihrer Zuverlässigkeit bei dem jetzigen Zustande unserer Hülfsmittel anzugeben, werden die mathematischen und physikalischen Grundsätze, auf welche sich die hier ohne nähere Begründung zu gebende Theorie der Apparate stützt, als bekannt vorausgesetzt.

Hebelwaagen und Wägung auf denselben.

Nach dem Gesetze des Hebels besteht Gleichgewicht, wenn p und q die auf beiden Seiten der Drehungsaxe drehenden Kräfte, a und b deren senkrechte Abstände von der Drehungsaxe sind, sobald die Bedingung

$$ap = bq \quad \ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

erfüllt ist.

Sind die senkrechten Abstände oder die Hebelarme a und b bekannt, so ergiebt sich aus der Gleichung 1) das Verhältniss von p zu q, d. h. von dem als Maass benutzten Gewichte, etwa p, zu dem zu wägenden Körper q.

Ist $a = b$, so ist die Waage eine gleicharmige, andern Falls eine ungleicharmige, wohin die Schnellwaage, Zeigerwaage und manche Brückenwaage gehört.

Wirken mehrere Belastungen $pp_1 \ldots qq_1 \ldots$ in den Abständen $aa_1 \ldots bb_1 \ldots$ auf beiden Seiten der Drehungsaxe, so ist die Gleichgewichtsbedingung

$$ap + a_1p_1 + \ldots = bq + b_1q_1 + \ldots \quad \ldots\ldots \quad 2).$$

Unter diese Gleichung fallen Waagen, bei denen Gewichte gleichzeitig in verschiedenen Entfernungen von der Drehungsaxe angebracht werden, oder genau genommen alle Hebelwaagen, indem bei ihnen das Gewicht des Hebels selbst als eine Belastung anzusehen ist, die in anderer Entfernung von der Axe wirkt wie die Gewichte und der zu wägende Körper.

Sind mehrere Hebelsysteme verbunden und die resp. Abstände der Hebelarme der einzelnen Hebel $ab\ a_1b_1 \ldots$, die am ersten und letzten Hebelarme wirkenden Belastungen p und q, so ist die Gleichgewichtsbedingung

$$(a \cdot a_1 \ldots)p = (b \cdot b_1 \ldots)q \quad \ldots\ldots \quad 3).$$

Hierher gehören die Strassburger und ähnliche Brückenwaagen.

a. Die gleicharmige Waage.

Die gleicharmige Waage ist ein Hebel (der Waagebalken) ab (*Fig. 52 A* und *B*, S. 576), der um eine lineare, senkrecht auf ab stehende, horizontale Axe c drehbar ist und durch diese in 2 gleiche Theile $ac = cb = l$ getheilt wird. Bei a und b, den Aufhängepunkten, die mit c in derselben Ebene liegen sollen, sind die gegeneinander wirkenden Belastungen p entweder unmittelbar anzubringen oder an besondern Vorrichtungen, den Waageschalen. Die Stellung des Waagebalkens zur Horizontalebene wird durch einen Zeiger angegeben, der mit dem Waagebalken in fester Verbindung steht, gewöhnlich senkrecht über oder unter c angebracht ist und entweder nun die Horizontalstellung von ab genau erkennen lässt, indem er dann gegen eine feste senkrecht oberhalb oder unterhalb c gelegene Marke einstehen muss, oder eine Winkelbewegung zu messen gestattet, indem die Spitze des Zeigers über einem Gradbogen spielt;

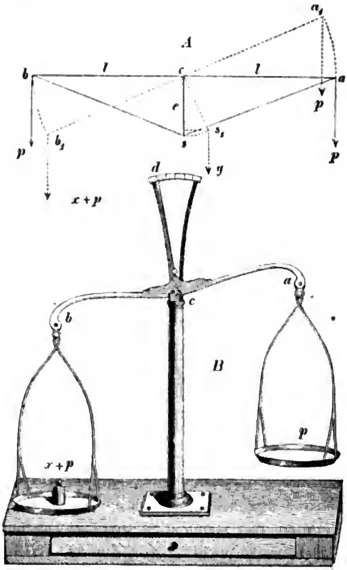


Fig. 52.

letztere Einrichtung haben alle feineren Waagen, während erstere für die gewöhnlichen Krämerwaagen ausreicht.

Der Waagebalken ist zu beiden Seiten von c symmetrisch geformt und von gleichartiger Masse, die etwaigen Aufhängevorrichtungen von gleichem Gewichte.

Der Waagebalken wird dann, wenn gleiche Belastungen p und p bei a und b vertikal nach unten ziehen, im Gleichgewichte sein, wenn er horizontal gerichtet ist. Die Lage des Schwerpunktes müsste dabei jedenfalls in der durch c gelegten Vertikalebene sein, doch könnte die Waage, wie es zur Ausführung von Abwägungen nothwendig ist, nur in stabiler Gleichgewichtslage sein, wenn der Schwerpunkt der ganzen um c drehbaren Masse (die Waage sammt ihren Belastungen) unterhalb c liegt.

Die Waage wird daher so construirt, dass dies immer der Fall ist, der Schwerpunkt des Balkens s also unter dem Drehpunkte c liegt. Diese Entfernung sc sei für einen bestimmten Fall $= e$ und das Gewicht des Waagebalkens $= g$. Wird dann an dem einen Aufhängepunkte b eine Masse von der Grösse x zu der auf beiden Seiten gleichen Belastung p hinzugefügt, so wird sich b nach unten drehen, dadurch aber der Schwerpunkt s des Balkens auf die andere Seite der Drehungsaxe gebracht (während, wenn die Aufhängepunkte und die Drehungsaxe in derselben Horizontalebene liegen, der Schwerpunkt der an den Aufhängepunkten angebrachten Massen immer in der durch die Drehungsaxe gelegten Vertikalebene sich befindet), und folglich haben wir, wenn bei herbeigeführter schiefer Gleichgewichtsstellung der Waagebalken sich um den Winkel α gedreht hat, nach Formel 2)

$$p \cdot l \cdot \cos\alpha + g \cdot e \cdot \sin\alpha = (p + x) \cdot l \cdot \cos\alpha,$$

woraus folgt

$$\tang\alpha = \frac{x \cdot l}{g \cdot e}.$$

Durch diesen Ausdruck sind die Bedingungen angegeben, von welchen die Grösse der Drehung des Waagebalkens, d. h. diejenige Grösse bestimmt ist, die uns zur Erkennung der Gleichheit von p auf beiden Seiten führt, die sogenannte „Empfindlichkeit“ der Waage. Die Waage ist so empfindlicher, je länger

jeder Arm l des Waagebalkens, je leichter der Waagebalken g und je kleiner der Abstand e des Drehpunktes vom Schwerpunkte ist.

Je grösser die Empfindlichkeit einer Waage ist, um so kleiner muss das Moment $g \cdot e \cdot \sin \alpha$ sein, welches die Zurückführung des Schwerpunktes auf den tiefsten Punkt veranlasst, daher wird eine empfindliche Waage in langsameren Schwingungen ihre Gleichgewichtsstellung annehmen, als eine weniger empfindliche.

Die Schwingungszeit einer Waage ist nämlich, wenn $\beta =$ das Verhältniss des Trägheitsmoments des Balkens zum Trägheitsmoment der Belastung, A die Endgeschwindigkeit $2G$ eines freifallenden Körpers am Ende der ersten Sekunde, n das Verhältniss der Belastung zum Gewichte des Waagebalkens bedeutet, in Sekunden ausgedrückt:

$$t = \frac{\pi}{2} \frac{l\sqrt{n+\beta}}{\sqrt{A \cdot e(n+1)g}} \text{ (Tralles).}$$

Weil für kleine Winkel die Tangenten den Bögen gleichgesetzt werden können, so wird für geringe Ueberbelastungen x die Grösse des Ausschlagswinkels proportional zur Ueberbelastung sein. Ist daher für bestimmte Grössen ge und l der durch ein kleines Gewicht x bewirkte Ausschlag $= \alpha$ ermittelt, so deutet ein Ausschlag von $n\alpha$ auf eine Ueberbelastung nx. Dies gilt indessen nur, so lange die Grösse der Reibung in den Axen als gleichbleibend angenommen werden kann. Da aber die Reibung mit der Belastung wächst, so ist der Werth von $x:\alpha$ nur für nahezu gleichbleibende Belastungen ein constanter.

Die zu feinen Wägungen bestimmten Waagen lassen bei guter Construction den millionsten Theil und noch weniger desjenigen Gewichtes erkennen, welches als grösste Belastung auf einer der Waageschalen angewendet werden kann (Feinheit der Waage bei ihrer grössten Tragfähigkeit).

Da an der gleicharmigen Waage Gleichgewicht ist, wenn der zu wägende Körper von der Masse q gleich ist der Masse der Gewichte p, so besteht das Wägungsverfahren darin, dass entweder q auf die eine Seite der Waage gebracht und p so lange verändert wird, bis die Gleichgewichtsstellung herbeigeführt wurde, oder dass erst q mit einer beliebigen Masse auf der andern Seite ins Gleichgewicht gesetzt, dann hinweggenommen und eine an die Stelle von q gebrachte Gewichtsmasse p bis zur abermaligen Herstellung des Gleichgewichtes geändert wird (Princip der doppelten Wägung). Das erstere Verfahren setzt eine richtig construirte Waage voraus, das zweite Verfahren gestattet auch mit fehlerhafter Waage richtige Wägungen auszuführen.

b. Zeigerwaagen.

Zeigerwaagen sind Hebel, bei denen durch die Belastung des einen Armes a (*Fig. 53 A*, S. 578) mit p und dadurch hervorgerufene Drehung des Hebels um den Winkel φ eine constante Masse m so weit von der Drehungsaxe cm entfernt wird, während die zu wägende Masse p sich derselben nähert, bis die Gleichheit der Momente herbeigeführt ist; die Abstände, bis zu welchen die constante Masse entfernt $(= c)$ und die zu wägende genähert $(= b)$ wurde,

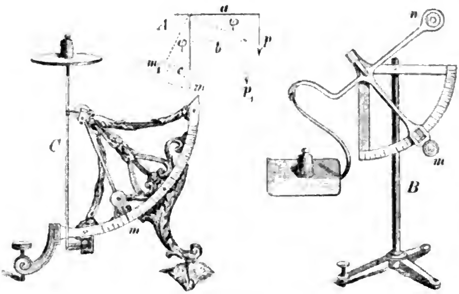


Fig. 53.

bestimmen das Gewicht des Körpers: $p = \frac{c}{b} m$. Anstatt die Abstände zu messen, lässt man einen mit m verbundenen Zeiger auf einer Theilung spielen und bestimmt empirisch die den verschiedenen Stellungen des Zeigers entsprechenden Belastungen p, deren Werthe neben den Theilstrichen auf der Theilung angegeben werden.

Die Zeigerwaage ist mithin ein sehr bequemes Instrument zur Wägung, da die Gewichtsgrösse der Masse unmittelbar aus der von selbst erfolgenden Einstellung erhalten wird; sie giebt aber nur einen geringen Grad von Genauigkeit im Verhältniss zu der grössten Belastung, die auf ihr abgewogen werden kann (s. u.).

Die Zeichnungen *Fig.* 53 *B* und *C* zeigen zwei verschiedene Ausführungen gewöhnlicher Zeigerwaagen. Bei *Fig.* 53 *B* steht die mit dem Index versehene Masse m bei unbelasteter Waageschale senkrecht und ist deshalb für die Schale ein Gegengewicht n erforderlich. Bei *Fig.* 53 *C* fällt dieses Gegengewicht fort und liegt der Nullpunkt der Theilung nicht senkrecht unter dem Drehungspunkte.

c. Schnellwaagen.

Die Schnellwaagen sind ungleicharmige Hebel; sie haben entweder eine unveränderliche Lage für den Unterstützungspunkt C (*Fig.* 54) und Aufhängepunkt E der Last $L = p$, während der Aufhängepunkt D des zur Wägung dienenden Gewichtes $G = q$ veränderlich ist (römische Schnellwaage, die gewöhnliche), oder der Unterstützungspunkt C kann zwischen den constanten Punkten D und E verschoben werden (dänische oder schwedische Schnellwaage). Nach der Gleichgewichtsbedingung $ap = bq$ ist p durch $\frac{b}{a} q$ bestimmt;

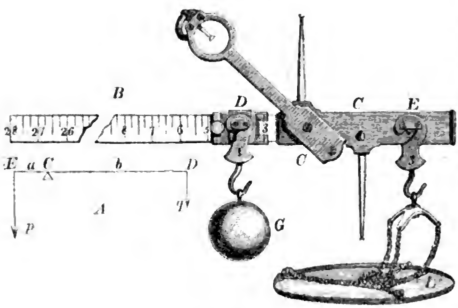


Fig. 54.

man würde also aus dem constanten Gewichte $G = q$ und den zu messenden Längen a und b die Grösse der Last $L = p$ berechnen können; einfacher ist es jedoch, an dem Hebelarme b eine Theilung anzubringen und an dieser die einer jeden Stellung des Laufgewichtes G (bei den römischen Schn.) entsprechenden Werthe für die Last L anzumerken.

Häufig erhält die Schnellwaage die Einrichtung, dass mehrere Unterstützungspunkte $C C_1 \ldots$ in constanten Entfernungen von E angebracht sind, damit das Moment des Laufgewichtes zur Abwägung grösserer Lasten dienen könne, sobald $C_1 E$ kleiner ist als CE; natürlich muss für jeden verschiedenen Aufhängepunkt eine besondere Theilung vorhanden sein.

Schnellwaagen werden von sehr grossen Dimensionen zur Abwägung sehr bedeutender Lasten construirt, können aber auch so klein und fein getheilt hergestellt werden, dass sie eine erhebliche Feinheit bei der Wägung geringer Lasten gestatten; die Ausführung der Wägungsoperation ist aber im letzteren Falle umständlicher, wie bei den zu feinen Wägungen eingerichteten gleicharmigen Waagen.

d. Brückenwaagen.

Die Brückenwaagen sind ungleicharmige Hebel oder Systeme mehrerer combinirter ungleicharmiger Hebel mit constantem Verhältniss der Längen der Hebelarme. Gewöhnlich wird das Verhältniss der Hebelarmlängen so gewählt, dass das Gewicht in einem einfachen, decimal verkleinerten Verhältnisse zur Last steht, also in dem Ausdruck

$$(a \cdot a_1 \ldots .)\, G = (b \cdot b_1 \ldots .)\, L$$

der Werth $\frac{a \cdot a_1 \ldots .}{b \cdot a_1 \ldots .}$ gleich 10, 100 oder 1000 wird (Decimalwaage, Centesimalwaage).

Da bei den Abwägungen auf diesen Waagen eine Masse stets durch erheblich kleinere Gewichte ausgedrückt wird, so ist es klar, dass die Feinheit der Wägung hinter der von gleichnamigen Waagen zurückbleiben muss, wenn auch bei beiden Klassen gleiche Vollkommenheit der Construction vorausgesetzt wird. Indessen sind für viele Zwecke derartige Waagen wegen der bequemen Benutzung derselben und wenn es nicht auf sehr feine Gewichtsbestimmungen ankommt, auch für wissenschaftliche Beobachtungen von Nutzen.

a. Die gleicharmige Waage.

Da bei den gewöhnlichen Krämerwaagen dieselben Constructionsbedingungen nur in minderem Grade bestehen, wie für die feinsten, zu wissenschaftlichen Untersuchungen bestimmten Waagen, so wird die Beschreibung der verschiedenen Constructionstheile an dem Beispiele einer gut ausgeführten Waage genügen, wozu ich eine Robinson'sche Waage von 10½ Zoll engl. Balkenlänge wähle, da die bei diesen Waagen zuerst angewendeten Formen in geringen Modificationen von den meisten der neueren Künstler angenommen sind und gerade von den Robinson'schen Waagen meines Wissens keine Abbildungen existiren.

AB (*Fig. 55 a*, S. 580) ist der aus Rothguss hergestellte rautenförmige Rahmen, welcher den Waagebalken bildet; an ihm ist die prismatische Stahlscheibe c befestigt, deren Schneide auf der von hartem Stein gebildeten ebenen Unterlage q ruhend, die Drehungsaxe bildet. Die Enden des Balkens tragen zwei andere nach oben gerichtete prismatische Schneiden a und b, über

55 a

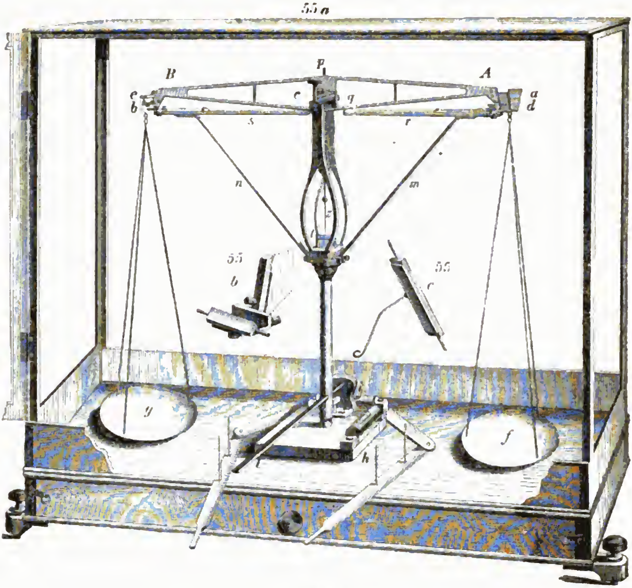


Fig. 55.

welche die aus harten Steinen gebildeten Platten *de* gehängt sind, um daran die Waageschalen *f* und *g* zu befestigen. Die Schneiden *ac* und *b* sollen sowohl in einer Horizontalebene liegen, als unter einander parallel sein und von *a* bis *c* genau denselben Abstand wie von *c* bis *b* haben. Zur Regulirung dieser Verhältnisse dienen Schrauben, deren Wirkung aus der Detailzeichnung *Fig. 55 b* von selbst klar ist. Die Horizontalstellung des Waagebalkens oder, was dasselbe ist, die Vertikalstellung der die Waage tragenden Säule, auf der die Platte *q* winkelrecht befestigt ist, wird durch die am Fussgestell angebrachten Libellen *h* und *i* controllirt und kann hiernach mittelst der das Fussbrett tragenden Stellschrauben herbeigeführt werden. An *AB* ist vertikal unter der Schneide *c* der Zeiger *z* angebracht, der mit seiner Spitze auf einer Gradtheilung *t* spielt; *z* ist als Schraube geschnitten und als Mutter darauf eine Kugel zu bewegen, welche dazu dient, den Schwerpunkt des ganzen Systemes etwas zu heben oder zu senken.

Die Aufhängeplatten *d* und *e* haben Zapfen (s. Detailzeichnung *55 c*), mit denen sie in dreieckige Einschnitte passen, deren Scheitel, gerade über den Schneiden *a* und *b* liegend, die Zapfen aufnehmen, sobald durch die Stützen *m* und *n* der Stab *rs* in die Höhe geführt wird. Die seitlichen Ansätze von *rs* heben gleichzeitig die Platten *d* und *e* und den ganzen Balken *AB* auf, sobald *rs* aufwärts geht, und lassen Balken und Platten nieder, wenn *rs* gesenkt wird. Dies Heben und Senken geschieht durch die Hebelvorrichtung *l* (die Arretation bei andern Waagen durch eine excentrische Scheibe gebildet). Senkrecht über der Schneide *c* ist endlich an *AB* ein vertikaler Stift *p* angebracht, um welchen schraubenartig ein feiner Draht gewunden ist, dessen eines Ende einige Linien nach aussen ragt; je nach der Stellung

dieses überstehenden Drahtendes wird etwas mehr Masse nach der einen oder der andern Seite von *AB* gebracht; es dient also der Draht zur Ausgleichung etwaiger kleiner Ungleichheiten der Massenvertheilung rechts und links von der Axe.

Man erkennt aus dieser Construction, dass die Waage zu feinen Wägungen vorzüglich geeignet ist, da die Bedingungen der Gleichung

$$\tan \alpha = \frac{x \cdot l}{g \cdot e}$$

möglichst dahin ausgeführt sind, um für ein kleines x einen Ausschlag der Waage zu erhalten. Die Länge des Balkens gleich $= l$ ist zwar nicht bedeutend, aber dafür sind e und g sehr klein; der ganze Balken mit Einschluss des Zeigers wiegt nur 40 Grammen (die Stärke der den Rahmen bildenden Stäbe ist in der Mitte $1{,}7^{\text{mm}}$ und verjüngt sich nach den Enden auf $1{,}3^{\text{mm}}$), die Schalen mit den Gehängen 38 Grammen; die Waage ist berechnet zu 2000 Grains oder nahe 130 Grammen Belastung in jeder Schale und wiegt in diesem Falle das ganze drehbare System 338 Grammen. Bei unbelastetem Systeme würde durch die auf den Zeiger zu verstellende Kugel der Schwerpunkt bis in den Drehpunkt verlegt werden können; bei voller Belastung wird daher durch Hinaufschrauben der Kugel e sehr klein gemacht werden, wenn man möglichst grosse Empfindlichkeit haben will. Die Waage giebt bei voller Belastung noch mit 2 Grains Uebergewicht, also mit $\frac{1}{1{,}000{,}000}$ der einseitigen Belastung, einen sehr regelmässigen Ausschlag von 1^{0}.

Dies ist nun eine Gränze der Genauigkeit, die von neueren Constructionen feiner Waagen nicht allein erreicht, sondern vielfach übertroffen wird; indessen wird für die meisten Fälle die genannte Schärfe der Wägung ausreichen.

Im Folgenden mögen die wichtigeren Abänderungen, die in der Construction der gleicharmigen Waagen vorkommen, erwähnt werden.

1. Der Waagebalken. Die in der Formel für die Empfindlichkeit der Waage enthaltenen Bedingungen: l möglichst gross und g möglichst klein zu machen, sind einander widerstreitend, weil es mit zunehmender Länge erforderlich ist, den Waagebalken, um ihn gegen Durchbiegung zu sichern, fester zu machen, was im Allgemeinen eine Verstärkung seiner Dimensionen, also Vergrösserung von g voraussetzt.

Um gleichzeitig Festigkeit und Leichtigkeit zu erreichen, setzte Magellan den Balken aus zwei Hohlkegeln zusammen, die in der Mitte des Balkens mit ihren Grundflächen aneinander stossen. Dies führte auch Ramsden und mit einiger Veränderung Mendelssohn und Troughton aus. Später wählte Troughton und nach ihm Fortin parallelepipedische Stahlstäbe zu den Balken, Robinson die durchbrochenen Rahmen, die von vielen Mechanikern dahin abgeändert wurden, dass sie eine stumpfwinklich dreieckige Form erhielten; neuerdings sind dann wieder volle scheibenförmige, auf die hohe Kante der Scheibe gestellte Platten verwendet worden, wie z. B. von Girgensohn u. A., wo dann für Waagen grosser Tragfähigkeit eine Verstärkung an dem Scheibenrande angebracht wird.

Ganz neuerdings sind Waagebalken aus Aluminium gemacht worden (Collot in Paris; Bell in Newcastle on Tyne), welche allerdings Festigkeit und Leichtigkeit in vorzüglicher Weise vereinigen; indessen haben diese Balken noch keine Verbreitung gefunden und müssen ihre Eigenschaften erst näher geprüft werden.

Auch aus anderem Material als Metall sind Waagebalken ausgeführt worden, namentlich aus Holz und Glas, indessen ohne besondere Vortheile darzubieten, da die Herstellung genauer Balken mindestens gleiche Schwierigkeit macht und die hygroskopischen Eigenschaften des Holzes, sowie die gleichfalls erhebliche Condensation des Wasserdampfes an der Glasoberfläche der Zuverlässigkeit der Waage entgegenstehen.

2. Die Aufhängepunkte. Eine Drehung der Waage kann nur eintreten, wenn das Moment des Uebergewichtes auf einer Seite grösser ist, als die in der Drehungsaxe stattfindende Reibung. Es wird daher die Aufgabe sein, die Reibungen möglichst klein zu machen, soweit dies unbeschadet der Festigkeit der Axe geschehen kann. Eine theoretische Unter-

suchung über diejenigen Formen für die Axen und Unterlagen, bei denen der Einfluss der Reibung am vollständigsten vermieden wird, wie solche von v. Gerstner, Muncke u. A. angestellt ist, zeigt, dass die Drehung entweder in Punkten oder auf dem Umfange eines unendlich dünnen Cylinders, der auf ebener Unterlage ruht, erfolgen müsse. Diesen Formen entsprechen sehr vollkommen die üblichen Aufhängungen in prismatischen Schneiden, aber auch die von Steinheil vorgeschlagene, von Girgensohn ausgeführte Aufhängung auf Kugeln, deren Unterlage eben ist.

Die am meisten in Betracht kommende Reibung findet an der Drehungsaxe der Waage statt, gegen welche der Druck des ganzen Systemes wirkt, zugleich muss diese Axe die grösste Festigkeit besitzen. Die Prismen werden aus harten Steinen (Achat bei Girgensohn's mittlerer Waage) oder fein polirtem Stahl gemacht. Der Winkel des Prismas an der Kante, welche die Drehungsaxe bilden soll, kann für Waagen geringer Tragfähigkeit kleiner sein, wie bei Waagen, die starke Belastungen auszuhalten haben. Robinson's Waage hat für die mittlere Schneide einen Winkel von etwa 50°, für die Schneiden der Waageschalen etwa 40°. Bei dieser Waage bilden die drei Drehungsaxen gerade Linien, welche den Forderungen der Theorie nach rechtwinklich zum Waagebalken und unter einander parallel sein sollen. Letztere Bedingung ist in aller Strenge schwer zu erfüllen, und hat man deshalb die Aufhängung der Schalen in Spitzen vorgeschlagen, wobei von selbst die Bedingung des Parallelismus wegfällt. Zu der gebräuchlichsten Art der Aufhängung in einem Punkte gehört die, bei welcher die Schneiden am Ende des Waagebalkens von einem Ringe *r* (*Fig. 56*) gebildet werden, der nach innen prismatisch zugeschärft ist, während die Schale in jenem Ring vermittelst eines Hakens *h* aufgehängt wird, der ebenfalls prismatisch zugeschärft ist. Diese Construction ist zwar theoretisch vollkommen, aber wegen der unvermeidlichen Abnutzung der gegen einander gekreuzten Schärfen stellt sich bald eine Unrichtigkeit ein, weshalb neuerdings wieder die Robinson'sche Aufhängungsmethode vorgezogen wird.

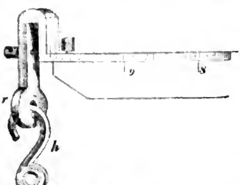


Fig. 56.

Die Kugelaufhängung an der grossen Girgensohn'schen Waage wird an der Mittelaxe durch zwei Halbkugeln, an jeder Endaxe durch eine Halbkugel von Achat gebildet, welche sämmtlich auf Achatebenen spielen; diese Aufhängungsmethode war besonders deshalb gewählt, weil die Waage zur genauen Wägung grosser Gewichte (2 Pud) bestimmt war und man an Stahlschneiden eine zu starke Abnutzung fürchtete.

3. **Ausschlag der Waage.** Die Abweichung des Balkens von der Horizontalstellung, welche durch eine Zeigerverbindung angezeigt wird, dient bei feinen Wägungen zur Berechnung des den Ausschlag bedingenden Uebergewichtes. Man muss deshalb die Stellung des Zeigers an der Theilung des Gradbogens, über oder neben welchem man den Zeiger spielen lässt, genau beobachten können. Zu dem Ende bringt man den Zeiger in der Regel so an, dass seine Spitze in derselben Ebene und unmittelbar im Anschluss an die Theilung sich bewegt. Nach einer sinnreichen Einrichtung von Pistor ist die Theilung auf einem Spiegel angebracht und der vor der Spiegelebene spielende Zeiger wird in seiner richtigen Stellung beobachtet, wenn man ihn sein Spiegelbild decken sieht. Für feine Oscillationsbeobachtungen, bei denen aus der Entfernung mit einem Fernrohre beobachtet wird, ist indessen diese Anordnung nicht passend.

4. **Ausgleichung der kleinsten Gewichtsdifferenz.** Die Abwägung eines Körpers mit den kleinsten Gewichtsgrössen, welche die Waage noch erkennen lässt, muss entweder durch so lange fortgesetzte Aenderung der Gewichte erfolgen, bis Gleichgewicht der Waage in der Horizontalstellung herbeigeführt ist, oder durch Berechnung des noch vorhandenen Gewichtsunterschiedes aus dem beobachteten Ausschlagswinkel.

Das erstere Verfahren ist das gewöhnliche; es wird mühsam, wenn es sich bei der Wägung auf einer empfindlichen Waage um sehr kleine Gewichte handelt, weil die kleinsten

Gewichtsstücke, selbst in Form von feinen Drähten unbequem auf die Schale zu legen, oder von ihr abzunehmen sind. Selbst aber, wenn man, wie neuerdings geschehen, die kleinsten Gewichte von Aluminium, also handlicher herstellt, würden beim Wechseln der Gewichte Luftströmungen die Genauigkeit der Wägung gefährden, die man im Uebrigen dadurch zu vermeiden sucht, dass man die Waage durch einen Glaskasten bedeckt. Sehr zweckmässig wird dieser Uebelstand durch die von BERZELIUS empfohlene Anwendung des Principes der Schnellwaage vermieden, wobei man die letzte Ausgleichung sehr schnell und ohne den Verschluss der Waage aufzuheben, bewirken kann. Ein Arm *B* des Balkens (s. *Fig. 57*) ist nämlich zwischen der Drehungsaxe und dem Aufhängungspunkte in *n*, gewöhnlich 10 Theile getheilt; ein Gewicht, welches in der Schale einen Werth *a* haben würde, hat, um $^1/_{10}$ der Drehung genähert, nur noch $^9/_{10}$ *a* Werth u. s. w. Man stellt nun Gewichte von Drähten her (s. g. Reiterchen wie *x* in der Figur), die über den Balken gehängt und durch eine von Aussen her auf einer Leitschiene *vw* zu bewegenden Vorrichtung *u* an jeden beliebigen Theilpunkt des Balkens geschoben werden können. Ist das Reiterchen von Draht 1 Centigramm schwer, so stellen die Gewichte desselben an dem in 10 Theile getheilten Balken Milligramme dar und man kann leicht noch bei der grossen Entfernung der Theilstriche Unterabtheilungen schätzen, wenn die Waage diese angeben sollte.

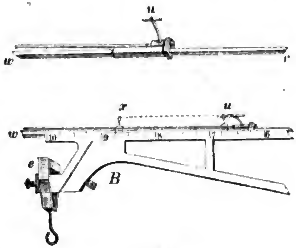


Fig. 57.

Die letzte kleine Differenz zwischen Körper und Gewicht kann aber auch aus dem Ausschlage der Waage ersehen werden, wenn man den Grad der Empfindlichkeit der Waage kennt.

Da nun bei verschiedener Belastung, selbst bei vollkommener Construction der Waage, wegen der vermehrten Reibung nothwendig die Empfindlichkeit eine verschiedene sein muss, so ist diese Methode *x* aus der Formel $\operatorname{tg} \alpha = \frac{x \cdot l}{g \cdot e}$ zu bestimmen nur in solchen Fällen praktisch brauchbar, wo nahezu gleiche Belastungen auf der Waage gewogen werden sollen. Dies trifft namentlich bei den Untersuchungen zur Vergleichung der Normalgewichte zu. Gesetzt, es wäre für einen Körper durch beliebige Gegengewichte an der Waage das Gleichgewicht hervorgebracht, man fügte dann noch ein kleines Uebergewicht, etwa 1 Mgr. auf einer Seite hinzu und beobachtete, dass dieses einen bleibenden Ausschlag von 3,7 Theilstrichen des Gradbogens am Zeiger bewirkte, so würde bei der Vergleichung von Massen nahezu desselben Gewichtes jeder Grad Ausschlag $\frac{1}{3,7} = 0,27$ Mgr. bedeuten. Um die Grösse des Ausschlages richtig zu beurtheilen, lässt man die Waage Schwingungen vollziehen und beobachtet den Ausschlag nach beiden Seiten, dessen Mittelwerth der wirkliche Ausschlagswinkel ist. Diese Oscillationsbeobachtungen können durch ein Fernrohr gemacht und somit auch die Wägungen von einem störenden Einfluss, der Wärmestrahlung des Beobachters, befreit werden.

5. Gränzen der erreichten Genauigkeit. Die Angaben, welche über die Gränze der mit einer Waage zu erzielenden Genauigkeit der Wägung gemacht werden, bestehen in der Regel, wie schon oben erwähnt, darin, dass man das Uebergewicht als Bruchtheil derjenigen Belastung auf einer Seite der Waage namhaft macht, welche die Waage als höchste Belastung zu tragen vermag. Diese Bezeichnung giebt nur einen sehr ungefähren Maassstab für die Güte der Waage, indem theils das Maximum der Tragkraft, also die Belastung anzugeben, über welche hinaus ein schädliches Durchbiegen des Balkens stattfinden würde, nicht leicht ist, theils die Empfindlichkeit der Waage durch geeignete Aenderung der Lage ihres Schwerpunktes fast beliebig weit getrieben werden kann, ohne dass hierdurch die Sicherheit der Wägung erhöht würde.

Im Allgemeinen zeigen aber die Nachrichten über die von verschiedenen Künstlern ausgeführten Waagen, dass durchschnittlich die neuen Waagen den höheren Grad von Vollkommenheit erreicht haben, welchen zu RAMSDEN's Zeit wohl nur einzelne ausgezeichnete Waagen besassen. Einige von BAUMGARTNER, DOVE und MUNCKE zusammengestellte Angaben, bei welchen ich die älteren bis RAMSDEN übergehe und denen ich solche über neue Waagen anschliesse, zeigen folgende Empfindlichkeiten an.

Verfertiger	Belastung	Uebergewicht	Empfindlichkeit
RAMSDEN	250 Pfd. Tr.	1 Grain	1 : 1,440,000
Derselbe	10 „	0,006 Grains	1 : 9,933,333
TROUGHTON	16384 Grain	0,01 „	1 : 1,638,400
FORTIN	4 Pfd.	$^1/_{50}$ Gran	1 : 1,536,000
FLORENZ	4,5 Pfd.	$^1/_8$ Rchtpfng	1 : 4,418,592
ROBINSON	2000 Grains	0,002 Grain	1 : 1,000,000
OERTLING, PISTOR, BÖTTICHER u. v. A.	1 Klgr.	1 Mgr.	1 : 1,000,000
DELEUIL	1 Klgr.	0,3 Mgr.	1 : 3,000,000
GIRGENSOHN	1 Pfd. russ.	0,00156 Doli	1 : 5,500,000
BIANCHI	1 Klgr.	0,1 Mgr.	1 : 10,000,000
BARROW	2 Klgr.	0,15 Mgr.	1 : 14,000,000
M. et A. COLLOT	10 Klgr.	8 Mgr.	1 : 10,000,000.

Hiernach scheint es nun allerdings, als hätten die neuesten Waagen viel grössere Feinheit erlangt; allein dies wird ohne Weiteres nicht durch jene Zahlen bewiesen, weil die Sicherheit der Abwägung nicht allein von der Empfindlichkeit der Waage, sondern von der Gleichmässigkeit ihrer Angaben abhängig ist. Je empfindlicher die Waage, um so leichter wird der Grad ihrer Empfindlichkeit während des Gebrauches sich ändern *; eine Waage, die bei einer Empfindlichkeit von 1 : 1,000,000 für ein Uebergewicht 1 regelmässige Oscillationen von 1° Ausschlag macht, wird sicherere Resultate geben, als eine viel empfindlichere Waage mit sich ändernder Empfindlichkeit. In der Beziehung hat aber die Construction der Waagen sicher grosse Fortschritte gemacht, dass Waagen von regelmässiger Angabe von 1 : 1,000,000 jetzt von allen tüchtigen Mechanikern geliefert werden.

6. Prüfung der Waage. Der Benutzung einer Waage muss die Prüfung derselben auf ihre Richtigkeit und Empfindlichkeit vorangehen. Während die letztere Eigenschaft sich einfach daraus ergiebt, welchen Ausschlag die Waage durch ein kleines Uebergewicht auf einer Seite zeigt, und ob dieser Ausschlag regelmässig bei denselben Gewichtsverhältnissen herbeigeführt wird, erfordert die Prüfung der Richtigkeit mehrere Operationen. Zur Richtigkeit der Waage gehört, dass sie 1. gleiche Armlänge, 2. symmetrische Form und gleiche Massen rechts und links von der Drehungsaxe, 3. parallele und in einer Ebene liegende Axen für die Drehungsaxen des Balkens und der Schalen besitzt; ferner soll die Waage die genügende Festigkeit besitzen, um durch die auf ihr zu wägenden Massen nicht unrichtig zu werden (Prüfung der Tragfähigkeit). Durch folgende Beobachtungen, deren Begründung aus der Theorie so einfach folgt, dass sie nicht erst entwickelt zu werden brauchen, werden diese Eigenschaften ermittelt. Der von seinen Waageschalen befreite Balken muss horizontale Stellung annehmen, durch Anstoss aus der Gleichgewichtslage gebracht, nach einiger Oscillation stets in die horizontale Lage zurückkehren, ferner durch ein kleines über den Balken gehängtes Uebergewicht, wenn dasselbe rechts und links von der Axe in gleichen Entfernungen angebracht wird, denselben Ausschlagswinkel nach beiden Seiten zeigen; diese Prüfungen beweisen die Formsymmetrie und gleiche Massenvertheilung am Waagebalken.

Werden die Schalen an den Balken gehängt, so muss das Gleichgewicht fortfahren zu

* Ein auffallendes Beispiel, wie leicht sehr empfindliche Waagen sich während des Gebrauches ändern, geben REGNAULT, MORIN, BRIX in dem *Rapport etc.* p. 84 an. Die von ihnen benutzte DELEUIL'sche Waage zeigte bei ihrer Prüfung vor den Versuchen eine Differenz der Armlängen bei Belastung mit 1 Klgr., die durch 5 Mlgr. ausgeglichen werden musste. Nach den Versuchen, ohne dass die Waage von der Stelle gerückt war, waren 7 Mlgr. zur Ausgleichung erforderlich und durch den Transport zum Constructeur stellte sich von selbst das erstere Verhältniss wieder her.

bestehen, oder wenigstens muss, wenn die Schalen vertauscht werden, derselbe Ausschlag beobachtet werden, dies bewiese das gleiche Gewicht der Schalen.

Stellte sich der Balken nicht horizontal ein, als bei der vorigen Probe die Schalen gleich schwer gefunden wurden, so ist dies schon ein Beweis, dass die Entfernung der Aufhängepunkte von der Axe auf beiden Seiten verschieden ist. Die Gleichheit der Armlänge oder der Betrag des Unterschiedes der Armlänge wird aber besser untersucht, wenn man die Waage durch beliebige Gewichte p und p_1, die man den Schalen s und s_1 hinzufügt, ins Gleichgewicht bringt und alsdann die Schalen nebst ihren Gewichten vertauscht. War zuerst s nebst p an dem Arme a und s_1 nebst p_1 an dem Arme b befestigt, so hatte man

$$a(s+p) = b(s_1+p_1),$$

beim Vertauschen erhält man, wenn das Gleichgewicht bleibt,

$$a(s_1+p_1) = b(s+p),$$

also aus beiden Gleichungen $a^2 = b^2$ und $a = b$.

Wären aber $a(s_1+p_1) > b(s+p)$ gefunden, so folgt aus Zusammensetzung mit der ersten Gleichung

$$\frac{a}{b} > \frac{b}{a}$$

und das Längenverhältniss von $a : b = (s_1+p_1 : (s+p)$.

Ob die Axen in einer Horizontalebene sich befinden, kann man mechanisch mit grosser Schärfe dadurch prüfen, dass man einen feinen Faden über die Drehaxen der Schalen spannt, der dann eben die Mittelschneide berühren muss.

Dieselbe Prüfung würde für die Gränze der Belastung zu machen sein, welche durch eine merkliche Durchbiegung des Balkens, mithin durch merkliche Entfernung der Erdaxen aus der Ebene der Mittelaxe angezeigt würde.

Der mangelnde Parallelismus der drei Axen ergiebt sich daraus, dass ein an verschiedenen Punkten der zu untersuchenden Axe einer Waageschale aufgehängtes Gewicht ein verschiedenes Moment, also ein verschiedenes Gegengewicht auf der andern Seite erhalten muss.

Durch die Wägung kann, wie Harting gezeigt hat, die Grösse der Abweichung in den Axenrichtungen, sowohl in Längen als in Winkeln ausgedrückt, bestimmt werden.

7. Wägung auf der Waage. Die gewöhnliche Abwägung besteht darin, dass auf einer als richtig angenommenen Waage die Masse M eines Körpers auf einer Schale gleich gefunden wird der Masse m der Gewichte auf der anderen Seite, man hätte also, abgesehen von den nachher zu erwähnenden Correctionen, einfach $M = m$.

Eine andere, weitläuftigere, aber dafür auch auf einer fehlerhaften Waage anzuwendende Methode ist die der doppelten Wägung (welche, nach Biot's Angabe, zuerst von Borda empfohlen ist). Diese besteht darin, dass ein Körper M mit einem beliebigen Gegengewicht x ins Gleichgewicht gesetzt wird, wobei man, wenn die Länge der Waagebalkenarme beziehlich a und b sind, erhält:

$$aM = bx;$$

dann wird M abgenommen und das Gewicht m bis zur abermaligen Herstellung des Gleichgewichtes an dessen Stelle gebracht, wodurch man erhält:

$$am = bx,$$

woraus $m = M$ folgt, welches auch das Verhältniss $\frac{a}{b}$ war.

Endlich hat Kupfer* zu feinen Wägungen eine Methode angewendet, welche gleichfalls

* Das von Kupfer zur Ausführung feiner Wägungen verwendete Verfahren ist übrigens schon von W. J. G. Karsten in dessen Lehrbegr. 1. Aufl. von 1769 III. 82* vollständig angegeben und als ein Mittel nachgewiesen: „vermittelst einer falschen Waage das eigentliche Gewicht einer Waare oder anderen Sache zu finden". Die Auflösung der Aufgabe giebt K., wie oben im Text nachgewiesen, dahin, dass das wirkliche Gewicht die mittlere geometrische Proportionalgrösse zwischen den auf beiden Schalen gefundenen Gewichten sei; er zeigt ferner, wie sich hiermit das Verhältniss der Armlängen des Waagebalkens finden lasse.

von den Fehlern der Waage unabhängig macht und schneller ausführbar ist, als die doppelte Wägung mit vertauschter Stelle zwischen dem zu wägenden Körper M und den Gewichten Sind a und b die Armlängen, m und m_1 die Gewichte, welche zur Herstellung des Gleichgewichts erfordert werden, je nachdem M an a oder an b angebracht ist, so hat man

$$aM = bm \quad \text{und} \quad bM = am_1,$$

also

$$M^2 = m \cdot m_1 \qquad M = \sqrt{m \cdot m_1}.$$

Da die Differenz von p und p_1 stets sehr klein ist, so kann man statt des geometrischen Mittelwerthes $\sqrt{mm_1}$ ohne Fehler das arithmetische Mittel $\frac{m + m_1}{2}$ für M nehmen.

Bei gewöhnlichen Abwägungen nehmen wir das gefundene Gewicht m ohne Weiteres für das Gewicht M des Körpers. Für genaue Gewichtsbestimmungen hat man aber zu berücksichtigen, dass sowohl der Körper, als die Gewichte so viel an ihrem Gewichte verlieren, als das von ihnen verdrängte Volumen Luft wiegt. Dieser Gewichtsverlust wird aber, da im Allgemeinen die Volumina von Körper und Gewichten verschieden sind, ein ungleicher sein. Was wir als gleiche Gewichte an der Waage bestimmen, ist also M — dem Gewichte der von M verdrängten Luft $= m$ — dem Gewichte der von m verdrängten Luft.

Ist nun D das specifische Gewicht von M, d das specifische Gewicht von m bei 0°, sind A und a die linearen Ausdehnungscoefficienten für die Substanzen von M und m, so sind die Volumina von M und m im Momente der Wägung, wo die Temperatur t war, beziehungsweise:

$$\frac{M}{D}(1 + At)^3 \quad \text{und} \quad \frac{m}{d}(1 + at)^3;$$

ist q das specif. Gewicht der Luft bei der Temperatur t, so giebt uns die Wägung:

$$M - \frac{M}{D}(1 + At)^3 q = m - \frac{m}{d}(1 + at)^3 q;$$

woraus folgt

$$M = \frac{\left(1 - \frac{1}{d}(1 + at)^3 q\right)}{\left(1 - \frac{1}{D}(1 + At)^3 q\right)}.$$

Die Grössen D und d, A und a lassen sich ein für allemal feststellen. Das specifische Gewicht q der Luft wird bei dem in Millimetern angegebenen Drucke b der Luft und bei der Spannung des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes f, gleichfalls in Millimetern, gefunden durch die Formel

$$q = \frac{1}{773} \cdot \frac{b - 0{,}378 f}{760} \cdot \frac{1}{1 + 0{,}003665\, t}$$

$$= \frac{b - 0{,}378 f}{587480\,(1 + 0{,}003665\, t)}.$$

8. Die gewöhnliche Krämerwaage hat im Allgemeinen dieselben Constructionsbedingungen wie die feine im Vorigen beschriebene Waage; auch werden dieselben Prüfungen für die Richtigkeit und Empfindlichkeit an ihr vorzunehmen sein, nur dass dem Grade nach geringere Ansprüche an sie zu stellen sind.

Die Prüfung der Richtigkeit muss also ergeben, dass 1. der Waagebalken für sich im Gleichgewichte ist und keine durch das Auge bemerkbare Unsymmetrie zeigt, 2. das Gleichgewicht bleibt, wenn die Schalen angehängt und dann vertauscht werden, sowie wenn gleiche Gewichte in die Schalen gelegt und dieselben mit den Gewichten umgehängt wurden. Die Empfindlichkeit der Waage muss bei einer einigermaassen guten Waage für grosse Lasten 1 : 5000, für kleinere Lasten bis etwa 10 Klgr. 1 : 10000 sein und für Apotheker- und Tarirwaagen kann man 1 : 20000 verlangen.

Die Empfindlichkeit wird bei solchen gewöhnlichen Waagen in der Regel nicht durch Messung der Winkelbewegung an einem Gradbogen näher bestimmt, sondern man begnügt sich, wenn der Zeiger eine Abweichung von der Marke zeigt, welche die Horizontalstellung des Balkens ergiebt.

9. Die **Tafelwaage** gehört als eigenthümliche Construction auch zu den gleicharmigen Waagen; sie ist auf der von Roberval angegebenen Hebelzusammenstellung begründet. Sind die Stäbe *ab*, *bd*, *dc* und *ca* in *Fig. 58 A*, welche ein Parallelogramm bilden, in den Ecken drehbar und zugleich um die Punkte *e* und *f*, welche an einem festen Gestell angebracht sind und in den Mitten von *eb* und *cd* liegen; sind ferner *gh* und *ik* zwei mit den Seitenstäben *ac* und *bd* fest verbundene Stücke, über welche beziehlich Last und Gewicht gelegt werden kann: so ist stets Gleichgewicht vorhanden, sobald $L = G$, auf welche Punkte von *gh* und *ik* man auch Last und Gewicht einwirken lässt;

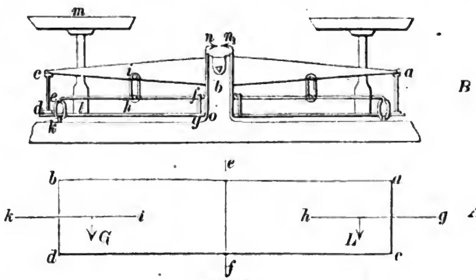


Fig. 58.

dies erklärt sich einfach daraus, dass bei wirklich fester Verbindung von *gh* und *ik* mit *ac* und *bd* die Angriffspunkte des Dreieckes stets in den Stäben *ac* und *bd* liegen, also in gleichen Entfernungen von der Drehungsaxe *ef*. Die hiernach construirten Tafelwaagen von Beranger, Hofmann u. A. eignen sich nicht für feine Wägungen, weil die Herstellung der an ihnen erforderlichen grossen Zahl paralleler Schneiden zu viele Schwierigkeiten darbietet, auch die Reibungswiderstände sehr gross sein müssen. Für den praktischen Gebrauch ist diese Waage wegen der ganz freien Lage der Schalen bequem.

Die Zusammensetzung einer Beranger'schen Tafelwaage zeigt *Fig. 58 B*; diese Waage ist auf beiden Seiten der durch die Mittelschneide *b* des Waagebalkens *abc* gelegten Vertikalebene symmetrisch gebaut und genügt deshalb die Angabe der Theile auf einer Seite. Die Schneide *c* ist durch eine Leitstange *cd* mit dem Horizontalstabe *do* verbunden, welcher bei *gf* einen Ring mit schneidenförmigem Rande trägt, gegen welchen der Horizontalstab *fe* anliegt, der seinerseits bei *e* mittelst des Ringes *ek* an dem Gestelle bei *k* befestigt und durch die Leitstange *hi* mit dem Waagebalken in Verbindung steht. Die Waageschale *M* ruht mit ihrem Fusse *L* auf dem Stabe *do* und an dem Ende *o* ist die nach oben geführte Zeigervorrichtung *n* angebracht. Wird nun in die Schale *M* eine Last gelegt, so drückt dieselbe mit *L* den Stab *do* nach unten und folglich wird auch *c* durch *cd* nach unten bewegt. Ist nun $bc = ic$ und $fh = he$, so wird sich *od* parallel mit sich selbst bewegen und die Stellung der beiden Zeigervorrichtungen *n* und n_1 gegeneinander wird den Ausschlag der Waage bezeichnen.

b. **Zeigerwaagen.** Für wissenschaftliche Zwecke haben die Zeigerwaagen nur eine untergeordnete Bedeutung, obwohl sie, wie Baumgartner hervorhebt, in solchen Fällen nützlich sein können, wo eine Substanz sich während der gewöhnlichen Wägung ändern würde, während bei der Zeigerwaage ein sein Gewicht, etwa durch Verdunstung, ändernder Körper in jedem Augenblicke das Gewicht an der Theilung angiebt. Eine nach Baumgartner von Werner construirte Zeigerwaage mit einem Theilkreise von 12 Zoll Halbmesser liess bei 22 Grammen Belastung 1 Mgr. ablesen, was eine Empfindlichkeit von 1 : 22000 giebt, die allerdings hinter den gewöhnlichen gleicharmigen Waagen sehr zurücksteht.

Zu praktischen Zwecken, bei denen es sich um Ermittelung von Gewichtsverschiedenheiten innerhalb kleiner Gränzen handelt, sind die Zeigerwaagen sehr bequem und finden

deshalb als Garnwaagen, als Waagen zur Bestimmung des Papiergewichtes, als Briefwaagen Anwendung. Ueber verschiedene Constructionen derselben giebt v. Gerstner Anleitung.

Den Vorzug der Zeigerwaagen, durch freiwillige Einstellung das Gewicht ablesbar zu machen, kann man durch andere Wägungsvorrichtungen, z. B. Federwaagen, die Weber'sche Kettenwaage u. s. w. zwar ebenfalls erreichen, indessen ist nach den bisher bekannten Constructionen die Zeigerwaage diesen Waagen doch vorzuziehen.

c. Schnellwaagen*. Auch die aus einem ungleicharmigen Hebel mit verschiebbarem Laufgewichte bestehende Schnellwaage hat nur geringe wissenschaftliche Anwendung gefunden, während sie für praktische Zwecke sehr viel benutzt wurde und noch wird, weil keine besonderen Gewichte für die Ausführung der Wägung erforderlich sind und die ganze Wägevorrichtung dadurch sehr leicht transportirbar ist.

Ramsden hat eine sehr fein getheilte Schnellwaage zur Bestimmung des specif. Gewichtes von Flüssigkeiten benutzt und dreissig Jahre später wurde von Coate und Adie dieselbe Idee nochmals zur Bestimmung des specif. Gewichtes auch fester Körper ausgeführt; indessen ist mit feinen gleicharmigen Waagen jedenfalls viel grössere Genauigkeit zu erreichen, weil wir die Theilung der Länge des Hebelarmes, wodurch der Werth des Laufgewichtes bestimmt wird, nur mit Hülfe einer mikrometrischen Messung so weit würden treiben können, als die Theilung des Gewichtes bei den gleicharmigen Waagen. Solche Mikrometerverschiebungen sind nun auch an Schnellwaagen angebracht worden; ferner hat man das Hülfsmittel hinzugenommen, mehrere Laufgewichte verschiedener Schwere zu verwenden, so dass also die feinste Ausgleichung in derselben Weise geschieht, wie durch die verschiebbaren Reiterchen an der gleicharmigen Waage. Indessen wird dadurch die einfache Behandlung der Schnellwaage wieder aufgehoben und durch die zur Führung der Mikrometerschraube nothwendige Berührung der Waage während der Wägungsoperation die Wägung unsicherer, als bei der gleicharmigen Waage, bei welcher unter Verschluss gewogen werden kann.

Uebrigens lässt sich an Schnellwaagen, namentlich an solchen, die zu Gewichtsbestimmungen leichter Körper und innerhalb enger Gränzen der Gewichtsverschiedenheiten bestimmt sind, grosse Empfindlichkeit erreichen. Solche feine Waagen hatten z. B. Black, Lampadius u. A. in einfachster Weise dadurch hergestellt, dass ein feines Stäbchen an einen Faden als Drehungsaxe aufgehängt und der zu wägende Körper, sowie das kleine Gegengewicht gleichfalls an Fäden über dem Stäbchen verschoben wurde, eine Einrichtung, die ganz mit der uralten der chinesischen, aus Elfenbeinstäbchen od. dergl. gebildeten, Schnellwaagen übereinkommt.

An die besseren, für praktische Zwecke construirten Schnellwaagen kann man die Anforderung stellen, dass sie eine Empfindlichkeit von 1 : 10,000 haben müssen, eine solche habe ich z. B. an den Waagen der oben in *Fig. 54* angedeuteten Construction vielfach beobachtet.

d. Brückenwaagen**. Ungleicharmige Hebelwaagen mit constantem Verhältniss der Armlängen, um einer am kürzeren Arme angreifenden grossen Last durch die am längeren Arme wirkende, in bestimmtem Verhältniss leichtere Gewichte ins Gleichgewicht zu setzen, sind schon früh angewendet worden; bei Leupold, Th. Young u. A. findet man einige Vorrichtungen der Art beschrieben und abgebildet; dahin gehört auch die alte s. g. schwedische Schiffswaage (s. Gehl. n. ph. W. Bd. X. Tab. II, Fig. 21), welche aber ein sehr schwerfälliges Werkzeug ist und deshalb wenig in Gebrauch kam. Erst seit 1823 hat aber diese Klasse von Waagen, zunächst nach der Construction der Mechanikers Quintenz in Strassburg, dann nach vielen abgeänderten Formen, grosse Verbreitung gefunden, wenn auch vorzugsweise nur für praktische Zwecke.

---

* Die Bezeichnung „Schnellwaage" wird oft auch für andere Waagen gebraucht, um anzudeuten, dass die Wägungsoperation schnell mit ihnen zu vollziehen ist; so sind namentlich manche Federwaagen und Zeigerwaagen von den Erfindern Schnellwaagen genannt worden.

** Der Name Brückenwaage ist auch anderen Waagen gegeben, nach deren Einrichtung die Last in ähnlicher Weise wie bei der Strassburger Waage auf eine s. g. „Brücke" gelegt wird, ohne Rücksicht darauf, ob für die Last und die Gewichte constante Angriffspunkte bestehen, wie bei der hier allein Brückenwaage genannten Vorrichtung.

Die Brückenwaagen zerfallen in zwei Klassen, je nachdem mehrere Hebel zu einem gemeinsamen Systeme verbunden sind, oder ein einzelner ungleicharmiger Hebel verwendet wird. Von jeder Klasse mag eine Construction hier erwähnt, im Uebrigen aber bei diesem, mehr für die Technik interessanten Gegenstande auf die Literatur verwiesen werden.

Die *Fig. 59 A* giebt eine Ansicht der Quintenz'schen oder Strassburger Brückenwaage und *Fig. 59 B* eine Durchschnittsansicht der in Betracht kommenden Hebel; *ba* ist ein ein-

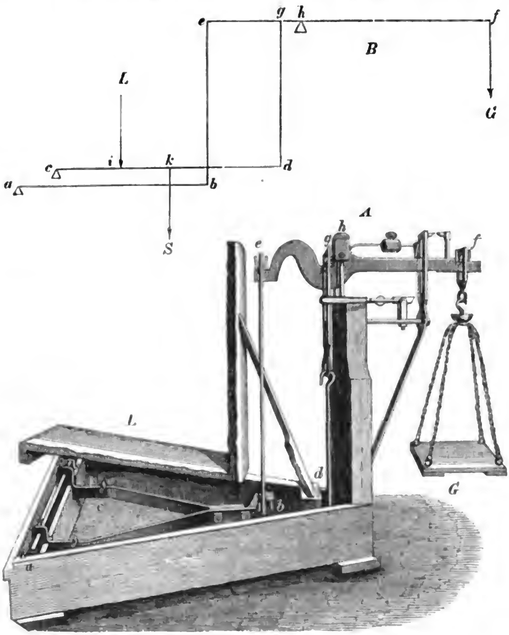


Fig. 59.

armiger Hebel (der Trage- oder Lasthebel), der um *a* drehbar und vermittelst einer vertikalen Stange *be* bei *e* an dem zweiarmigen, um *h* drehbaren, Hebel *ef* aufgehängt ist, wobei um die Punkte *e* und *b* eine Drehung beider Hebel in der Vertikalebene erfolgen kann; *cd* ist die s. g. Brücke, bei *c* als einer Drehungsaxe auf dem Traghebel ruhend und bei *d* durch eine gleiche Verbindung wie *be* an dem Hebel *ef* bei *g* aufgehängt. Das Gewicht der Brücke sei *S* und ihr Schwerpunkt in *k*, die an einem Punkte *i* der Brücke aufgelegte Last sei *L* und die an *f* angreifende Kraft der Waageschale *G* nebst den Gegengewichten G_1 sei mithin $= (G + G_1)$. Die Drucke der Brücke gegen die beiden Punkte *c* und *d* sind:

$$\text{gegen } c = S\frac{dk}{dc} \text{ gegen } d = S\frac{ck}{cd}.$$

Die Drucke der Last *L* gegen die Punkte *c* und *d* sind:

$$\text{gegen } c = L\frac{id}{dc} \text{ und gegen } d = L\frac{ci}{cd}.$$

Folglich ist der ganze gegen d wirkende Druck, welcher die Stange dg nach unten zieht:

$$= S\frac{ck}{cd} + L\frac{ci}{cd}.$$

Der ganze gegen c gerichtete Druck ist:

$$S\frac{dk}{dc} + L\frac{cd}{dc}$$

und dieser zieht die Stange be mit der Kraft

$$\left(S\frac{dk}{dc} + L\frac{id}{dc}\right)\frac{ac}{ab}$$

nach abwärts.

An dem oberen Waagehebel ef hat man also folgende Gleichgewichtsbedingung

$$\left(S\frac{ck}{cd} + L\frac{ci}{cd}\right)gh + \left(S\frac{dk}{dc} + L\frac{id}{dc}\right)\frac{ac}{ab}eh = (G + G_1)fh,$$

und macht man $gh = \frac{ac}{ab}eh$, d. h. theilt man die Hebel so ein, dass $gh : eh = ca : ba$ wird, so geht die Gleichung über in

$$(S + L) \cdot gh = (G + G_1)fh.$$

Ist endlich die Waageschale so abgeglichen, dass $S \cdot gh = G \cdot fh$ ist, d. h. besteht Gleichgewicht, bevor die Last auf die Brücke gelegt wurde, so erhält man

$$L \cdot gh = G_1 \cdot fh.$$

Das gewöhnlichste Verhältniss von $\frac{gh}{fh}$ ist das von 1 : 10 (Decimalwaage), wonach also die Last durch Gewichte, die um das Zehnfache verjüngt sind, abgewogen wird.

Das Verhältniss $gh : eh = ca : ba$, welches ausgeführt sein muss, damit die Stelle, wo die Last auf die Brücke gelegt ist, und wo der Schwerpunkt der Brücke liegt, ohne Einfluss bleibt, kann unendlich mannigfaltig gewählt werden; sehr übliche Verhältnisse sind

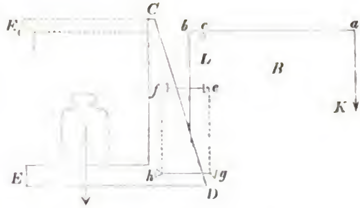
$$ca : ba = 1 : 5 = gh : eh \quad \text{und} \quad eh : fh = 1 : 2.$$

Weil eine grosse Zahl von Drehungsaxen bei dieser Waage vorkommt, die untereinander parallel sein müssen und an denen Reibung stattfindet, so ist eine feine Wägung nicht möglich; indessen darf man bei gut construirten Waagen eine Empfindlichkeit von 1 : 10,000 verlangen.

Eine andere Construction, von George angegeben, enthält nur einen Hebel. Die Zeichnung *Fig. 60 A* (S. 591) giebt die Ansicht, *Fig. 60 B* wieder die Lage des Hebels und der Führungsstäbe in Linien an; in beiden Figuren sind die entsprechenden Instrumententheile mit gleichen Buchstaben bezeichnet. In *Fig. 60 B* ist abc der Hebel, dessen Drehpunkt c gewöhnlich so gelegt wird, dass der Arm ac die zehnfache Länge von cb hat, die Waage also eine Decimalwaage ist. Bei a wird die Waageschale mit den Gewichten, bei b die Brücke CDE an der Hängestange bd aufgehängt. Damit die Brücke sich nicht drehe, sondern parallel mit sich beim Spiel der Waage aufwärts und abwärts gehe, oder, was dasselbe ist, damit die Brücke mit ihrer Belastung immer in der vertikalen Richtung bd wirkend angesehen werden kann, sind Führungsstäbe angebracht, zwei Paare wie ef oben und zwei Paare wie gh unten, die sich um Schneidenpaare e und g an dem festen Gestelle, und um Schneidenpaare f und h an der Brücke drehen. Man sieht, dass, wenn diese Schneidenpaare gleich weit zu beiden Seiten von bd angeordnet und unter einander parallel sind, die Führungsstäbe und die zwischen ihnen liegenden Linien fh und eg beim Spiele der Waage stets ein Parallelogramm bilden, also die Brücke parallel mit sich gehoben und gesenkt wird.

Construktive Aenderungen, welche die Waage für den Gebrauch sehr bequem machen, indem die Brücke ganz frei nach oben gelegt und die Waage auf einen verhältnissmässig

kleinen Raum gebracht werden kann, lassen sich an der schematischen Figur leicht andeuten. Es könnte nämlich, ohne in der obigen Betrachtung etwas zu verändern, die Brücke offenbar auch die Lage DCE_1 haben und die Fläche CE_1 noch höher als der Hebel *acb* gelegt werden; ferner könnte man den Hebel umdrehen und durch eine Oeffnung in der Seitenwand *CD* der Brücke hindurchführen, so dass die Waageschale bei *k* eben bei *E* heraustritt. Eine solche Form dieser Waagen, nach der ihr von Th. Schönemann gegebenen Einrichtung, bei welcher die Führungen etwas vereinfacht sind, zeigt die *Fig. 60 A*, in welcher die Theile dieselbe Bezeichnung wie in der schematischen Figur tragen.



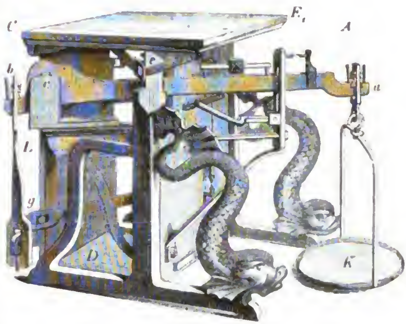


Fig. 60.

Combinationen der Brückenwaagen und Schnellwaagen sind vielfach ausgeführt worden, indem man zur bequemeren Abwägung den längeren Hebelarm eintheilte und wie bei Schnellwaagen mit einem Laufgewichte versah (z. B. von Berry, Day, Ellis u. A.). Die grosse Zahl von Schneiden, welche jede Brückenwaage erfordert, wie ja auch die George'sche Waage, obwohl sie nur einen Hebel hat, wegen der Führungsstäbe mindestens 12 Schneiden haben muss, würde es immer unmöglich machen, sehr feine Wägungen auf den Brückenwaagen mit Sicherheit und auf die Dauer auszuführen. Bei gut construirten neuen Schönemann'schen Waagen für 50 Klgr. Belastung habe ich wohl Empfindlichkeit von 1 : 100,000, d. h. deutlichen Ausschlag bei 0,5 Gr. Uebergewicht bemerkt, indessen ging diese Empfindlichkeit schnell verloren und man wird auf nicht mehr, wie bei den Quintenz'schen Waagen, auf eine Empfindlichkeit von 1 : 10,000 rechnen dürfen, wobei die Schönemann'schen Waagen den Vorzug des bequemeren Gebrauchs voraus haben.

e. Waagen, deren Construction auf anderen mechanischen Principien, namentlich der Form beruht, welche Seilpolygone unter verschiedenen Belastungen annehmen, sind mehrfach angegeben worden, haben aber bisher noch keine praktische Bedeutung erlangt; es wird daher genügen, hier die Idee einiger dieser Apparate anzudeuten.

Bei Huber's *balance tangentigrade* spannt ein Gewicht über einer Rolle einen Faden, der an dem anderen Ende an einem Gestell befestigt ist, horizontal aus. Wird nun an den Faden ein Körper gehängt, so wird er herabgezogen, das constante Gewicht gehoben und aus der Durchschnittsrichtung des Fadens gegen eine horizontale Theilung lässt sich das Gewicht des Körpers bestimmen, wenn der Abstand des Angriffspunktes des Körpers am Befestigungspunkte des Fadens und die Grösse des spannenden Gewichtes bekannt sind.

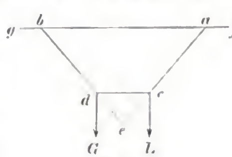


Fig. 61.

W. Weber's Kettenwaage in *Fig. 61* ist principiell sehr einfach. Werden an dem an der Horizontalebene *fg* befestigten

Seile *acdb* in den Punkten *c* und *d*, die so liegen, dass $ac = bd$ ist, gleiche Gewichte *L* und *G* angehängt, so liegt der Durchschnittspunkt *e* der Seilrichtungen *ac* und *bd* vertikal unter der Mitte von *ab*, d. h. das Seilstück *cd* muss horizontal sein. Man kann also eine Last *L* dadurch abwägen, dass man so lange Gewichte *G* anhängt, bis *cd* horizontal geworden ist.

Gerade dieselbe Idee liegt der von Pflanzeder construirten Libellendecimalwaage zum Grunde. Statt der Seilstücke sind feste Stäbe, die in den Punkten *acdb* drehbar sind, angewendet und das Längenverhältniss *ac* und *bd* so gewählt, dass $L G = 10 : 1$ sein muss, damit *cd* horizontal werde; die Horizontalstellung von *cd* wird durch eine Libelle beobachtet.

Steinheil's schwebende Brückenwaage erinnert im Princip an die Zeigerwaage. An den zwei horizontalen Drehungsaxen *cd* *Fig. 62* drehen sich die Leitstäbe *ca* und *db*, an denen die Brücke *ab* um *a* und *b* in Gelenken drehbar befestigt ist. Durch das seitlich an einem der Leitstäbe, etwa *db*, angebrachte Gewicht *G* wird das ganze System seitlich verschoben. Eine auf die Brücke gelegte Last sucht die vertikale Stellung wieder herbeizuführen und hebt *G* bis zur Gleichgewichtslage, wobei das Gewicht mit einem an ihm angebrachten Zeiger auf einer Theilung spielen kann, welche die jeder Stellung entsprechende Grösse der Last bezeichnet.

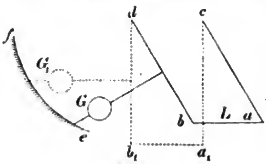


Fig. 62.

Literatur.

a. Allgemeines (ausser den Lehrbüchern, Encyklopädien und Repertorien).

Th. Young l. c. I. 159 *. *Balances. Weighing machines. Steelyards. Bentlevers* (ältere Literatur).
Schubarth l. c. S. 929 * (neuere Literatur).
Dove Maass und Messen S. 149 *.
Muncke Art. Waage in Gehl. n. ph. W. X. I *.
L. Euler (1707—1783) Disquisitio de bilancibus.
Comm. Acad. Sc. Petrop. 1738 X. 3 * (Allgemeine Theorie).
Lahire *Mém. de l'Ac.* IX. 42.
Jac. Leupold (1674—1727) Pars I Theatri statici universalis sive theatrum staticum, d. i. Schauplatz der Gewicht-Kunst und Waagen. Leipzig 1726 Fol. mit 19 Kpfrtfln *.
W. J. G. Karsten (1732—1787) Lehrbegriff der gesammten Mathematik Th. III. Abschn. V. Aufl. 1769 S. 82 * Aufl. 1790 S. 77 *.
Kästner Anfangsgründe der Mechanik. Götting. 1780.
G. G. Schmidt Sammlung physisch-mathematischer Abhandlungen. Giessen 1793.
v. Gerstner (1756—1832) Handbuch der Mechanik. Prag 1831 4. Vol. I (Construction und Theorie vieler Waagen).
Tralles (Zur Theorie der Waage) in Denkschr. d. Berl. Akad. 1804—11 S. 76 * ff

b. Gleicharmige Waage. 1. Beschreibung und Abbildung feiner Waagen.

Emerson *Mechanics* Fig. 188. 205. 206.
Leutmanns de bilancibus et novis inventis staticis Comment. Petrop. II. 35 * (1729).
Schmidt Magazin für das Neueste aus der Physik IX. St. 3 S. 71.
Cramer Elementa artis docimasticae. Lugd. Bat. 1733. 8. Anfangsgründe der Probirkunst übers. von Gellert. Leipzig 1749. 2. Aufl. 1766. I. 304.
Parkinson *System of mechanics.* p. 134.
Lüdecke's Waage Gilb. Ann. I. 123 * (1799).
Tralles Beschreibung einer grossen und sehr genauen Waage (ausgeführt von Mendelssohn). Gilb. Ann. XXIX. 153 *. 442 *. 472 * (1808).
Jahn's Waage in Berzelius Chem.
Hauff's Waage in Schmidt physik. Abh.; Voigt's Magaz. IX. St. 3.
Bulton's, Read's, Whitehurst's, Alchornes, Ramsden's, Troughton's Waagen in *Philos. Trans.* LXVI. 50. 511. 576. LXXVII. 205. LXXV. 361. LXXXVIII. 182.
Florenz's Waage, Baumgart. Supplbd. 59; Jahrb. d. polyt. Inst. XVI. 3 *.
Fortin's Waage in Biot *Traité de phys.* I.

Girgensohn's Waagen in Kupffer *Travaux etc.* II. 16*. pl. XII. et III*; Dingl. pol. J. LXXII. 378*.
Deleuil's Waage in Denkschr. der ital. Ges. XXV; Biot *C. R.* XXXII. 605; Krönig's J. II. 367*.
Deleuil's Waage zum Wägen im luftverdünnten Raume in Regnault, Morin, Brix *Rapport etc.* p. 17* u. Abb.
Bianchi's Waage ebendas.
v. Moll Vergleichung der englischen, französischen und holländischen Gewichte. *Journ. of the Roy. Inst.* II. 64.
Hassler *Comparison of weights and measures.* Washington 1832 (Trougthon'sche Waage s. a. *Nich. J.* III. 233).
Sacré *sur une balance de précision. Bull. de Brux.* XII. 1. 17*.
Jacottin Verbesserungen an feinen Waagen. Dingl. p. J. LXVII. 74* (Bewegung der Unterlage der Drehaxe für die Arretirung, statt der Bewegung von Armen, die den Balken abheben).
Peale über feine Waagen. *Mech. Mag.* XLVII. 301. *Frankl. J.*
Barrow's Waage in W. H. Miller *on the construction of the new imperial standard pound a. s. o. Phil. Mag.* (4.) XII. 540. XIII. 194; *Phil. Trans.* 1856. p. 753; *Proc. of the Roy. Soc.* VIII. 87. 144.
Berge's (Ramsden's Nachf.) Waage in Kupffer *Travaux etc.* I. 1*.

2. Einzelne Constructionstheile.

Magellan *Journ. de ph.* II. 252. XVII. 43. 432 (Waagebalken aus Hohlkugeln, danach Ramsden, Berge, Mendelssohn, Troughton).
Troughton *Phil. Trans.* LXXXVIII. 182. *Nich. J.* III. 233 (Balken Stahlstab, danach Jahn, Fortin).
Studer Gilb. Ann. XIII. 122 (Magnetismus der Stahlbalken).
Robinson s. Dove S. 154* (durchbrochener Waagebalken, danach Haas und Hurter, Pistor, Oertling u. v. A.)
Ritchie *Edinb. J. of sc.* Nr. IX. 118; *Franklin J. n. s.* VIII. 217 (Balken aus Holz und Glasröhren).
Beschreibung einer wohlfeilen und empfindlichen Waage. Dingl. p. J. XLII. 334*; *Mech. Mag.* XV. S. 440 (ähnlich Ritchie's einfacher Waage).
Herapath *New ann. of phil.* II. 291; Schweigg. Jahrb. III. 365* (1821) (Aufhängung der Waage mit der Drehungsaxe an einem Magneten).
W. Weber de tribus novis librarum construendarum methodis. Gött. gel. Anz. 1837. S. 215* (Aufhängung an Fäden nach dem Princip der Abwickelung).
Prony *Ann. de chim.* XXXVI. 50*; *Nich. J.* V. 313; *Repert.* XV. 51 (Gestell zur Aufstellung für Waagen verschiedener Dimensionen).
Mohr Pogg. Ann. XXV. 264* (Aufhängung in Spitzen).
Berzelius Chemie IV. 2. Abth. (Anwendung der Reiterchen für die kleinsten Gewichte).
R. Hare *On a method of forming small weights. Smithson Rep.* 1858. p. 426 (Palladiumdraht) (Neuerdings ist zur Herstellung der kleinen Gewichte das Aluminium mit Vortheil verwendet worden).
Landsberg Beschreibung einer neuen Reiterverschiebung für chemische Waagen. Mitth. d. hannöv. Gew. V. 1859 S. 356. Polyt. Centr. Bl. 1860. S. 456.
Pistor bei Dove S. 157* (Vermeidung der Parallelaxe durch Spiegel hinter dem Zeiger).
Hunter bei Dove S. 157* (Schrauben ungleicher Ganghöhe an den Balkenenden zur Correction der Aufhängepunkte).
Baumgartner Suppltbd. S. 58 (Correction für die gleichen Momente der Arme durch einzuschraubende Massen).

3. Prüfung der Waagen.

Rumford *Method of determining the accuracy of balances. Phil. Trans.* LXXXIX. 183 (1799).
Gauss Götting. gel. Anz. 1837. S. 401* (Prüfung des Parallelismus der Schneiden).
E. Hartig Verfahren, den Parallelismus der Endaxen feiner Waagen gegen die Mittelaxe zu prüfen und die vorhandenen Abweichungen zu messen. Polyt. Centr. Bl. 1859. S. 419.
v. Gerstner Prüfung der Waagen. l. c. I. 176.
Prüfung der Waagen überhaupt, in den verschiedenen Instructionen für die Aichungsbehörden, s. u. a. Preuss. Staatsanz. 1853. Nr. 180 und Dingl. p. J. CXXX. 256*.

4. Methode der Wägung und Berechnung.

DE BORDA (1733—1799) Princip der doppelten Wägung. BIOT *Traité de ph.* I. (1817) bearb. von FECHNER 1. Aufl. I. 147* 2. Aufl. I. 169*; *Edinb. J. of sc.* Nr. IX. 120.
Oscillationsmethode s. REGNAULT, MORIN, BRIX *Rapport etc.*, woselbst auch über Berechnung von Wägungen.
KUPFER Methode der Wägung durch Vertauschung und Oscillation l. c. I. 4*.
H. C. SCHUMACHER (1780—1850) Ueber die Berechnung der bei Wägungen vorkommenden Reductionen. Hamburg 1838. 8*.

5. Anderweitiger Nachweis über Waagen. Krämerwaage. Lastwaage.

Ueber die gemeine Waage. *Glasg. Mag.* I. 386.
CRAMER über Waagen. Dingl. p. J. XLVII. 167.
BOCKHOLTZ neue sehr empfindliche Waage. Dingl. p. J. LII. 241; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1833. p. 334.
GODDARD Verbesserungen an Waagen. *London J. C. S.* V. 63; Dingl. p. J. LV. 25.
STEINHEIL's Waage. Dingl. p. J. LIII. 315; LIX. 233; Bayr. K. u. Gewbl. 1835. S. 614.
ERNST empfindliche Waage. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1837. p. 226.
KUPPLER's Waage. Bayr. K. u. Gewbl. 1838. S. 521.
DEBAC's Waage. *London J. C. S.* XX. 367.
CUNNING's Waage. *Brev. d'inv.* LII. 42.
ANDREW's *patent balance. Repert.* XI. 16.
WILLSON *Repert. of pat.* (2.) II. 100.
DILLON *Mém. de l'Inst.* IV.
BEVAN über Wägemaschinen *Gill techn. rep.* VI. 196; *Quart. Journ.* XVIII. 164.
VALLENCE neue Wägemaschine. *Glasg. Mag.* IV. 18.
PARET Verbess. an Wägemaschinen. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1827. S. 432; *Bull. d. sc.* t. IX. 350.
PAYNE Patentwägemaschine. Dingl. p. J. XXXIII. 87; *London J.* (2.) IX. 27.
MALARTIC Maschine zum Wägen grosser Lasten. *Journ. d. gen. civ.* IV. 59.
Waage, um Waare zu wägen. *Bull. d. sc.* t. XV. 357; Dingl. p. J. XLI. 153.
RAUCOURT Ueber die Vorrichtungen zum Wägen der Wagen auf Chausseen. *Bull. d. sc.* t. XV. 366.
RAUCOURT Instrument zum Wägen der Wagen (*Phortomètre*). *Bérard Ann.* VII. 112.
RAUCOURT grosse Lastwaage. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1835. p. 36. Waage, um beladene Kähne zu wägen, in Nordamerika gebräuchlich. *Rec. ind.* XVI. 103.
Lastwaage. *Journ. d. conn. us.* XXV. 258.
DEBAC *pondomètre. Brev. d'inv.* XL. 1.
GODIN Waage, um Wagen zu wägen. *Brev. d'inv.* XL. 141.
COATHUPE Hebelwaage. *Mech. Mag.* XXIII. 392.
DOUCLET Waagen mit doppelter Aufhängung. *Ann. de min.* (3.) IX. 127.
CHAAY Vorrichtung zur Anfertigung von Waagebalken. *Brev. d'inv.* XXIX. 14.
BURSILL Wägemaschine. *Mech. Mag.* XXXIII. 540. 548.
FREEMAN Wägemaschine. *Mech. Mag.* XXXIV. 237.
FAYARD Waage, um Holz zu wägen. *Brev. d'inv.* XLI. 70.
GOODACRE Vorrichtung, Lasten zu wägen. *Mech. Mag.* XXXV. 301.
DAMPIER Vorrichtung zum Wägen. *Mech. Mag.* XXXV. 348.
PATTEN Vorrichtung zum Wägen. *Rec. d. l. s. p.* (3.) XVII. 39.
JUNOT Verbesserte Hebelwaage. *Brev. d'inv.* XLII. 266.
LEBRETON Vereinfachte Waage. *Brev. d'inv.* XLVII. 254.
MALLET Hebelwaage. *Brev. d'inv.* LIII. 194.
DELONAY Wägemaschine. *Brev. d'inv.* LVI. 260.
BATTERS. CLÉMENT's Waage, um Wagen zu wägen. *Mech. Mag.* LII. 330.
LITTLE Hebelwaage. *Brev. d'inv.* LXXII. 330.
FENN Wägevorrichtung. *Americ. pol. Journ.* I. 338.
COLLADON Bemerkungen über einen Apparat, um die effective Kraft der Schiffsdampfmaschinen zu messen. Dingl. p. J. XCV. 262*; *C. R.* XIX. 1029 (ein Winkelhebel).
J. STANLEY *improvements in weighing machines. Mech. Mag.* LXIV. 289.
G. HAMILTON *improvements in apparatus for weighing. Rep. of pat. inv.* (2.) XXVIII. 388.
DUMONT *balance pendule. Brev. d'inv.* VIII. 262.
BABINET Verfahren, leichte Körper zu wägen. Dingl. p. J. XXVII. 442.
STRAIT Anwendung des Principes der Waage zu verschiedenen Zwecken. *Sillim. J.* (1.) XXVII. 92.

Cotton Waage zum Geldwägen. Dingl. p. J. XCI. 48 * (automatische Waage). *Lond. J. C. S.* XXIII. 279.
Athey *description of a self acting balance. Mech. Mag.* XLVII. 382.
G. H. Makins *improved assay balance. Journ. of chem. soc.* VI. 36 (1853).
Ueber die auf der Ausstellung in London ausgestellten Handelswaagen. Dingl. p. J. CXXII. 161 * (1851) (Last-, Brücken-, Decimal-Waagen).
Rühlmann Gewichts- und Federwaagen der Londoner Ausstellung. Mitth. des hannöv. Gew. V. 1852. S. 344.
Hartmann Die Waagen und ihre Construction. Neuer Schaupl. der Künste und Handwerke. Nr. 231. Weimar 8.

6. Roberval's Waage. Tafelwaage.

Roberval *Journ. d. sav. ed. Amst. 1760*; Leupold Theatr. stat. p. 59 tab. XVII *; *Mém. de Paris* X. 343.
Desaguliers *Phil. Trans.* Nr. 419 new abr. VI. 542.
Brisson Art.: *Levier* im *Dict. rais. de phys.*
Gregory Darstellung der mechanischen Wissenschaften, übers. v. Dietlein. Halle 1824. 8. S. 90.
Hoffmann Roberval's Waage 1816. 28 S. 4.
Hoffmann Tafelwaage, Pogg. Ann. LXIV. 317 *; Dingl. p. J. XCVII. 19 * (1845).
Béranger Verbesserungen an Waagen. Dingl. p. J. CXIX. 171 *; Centr. Bl. 1850. S. 769; *Lond. J. C. S.* XXXVI. 217 (auch eine Schnellwaage mit Mikrometerverschiebung).
Béranger Hebelwaagen. *Brev. d'inv.* LI. 71. LIX. 489. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1857. p. 720.

c. Zeigerwaage.

Lahire *Mém. de Paris* II. 9.
Lambert Theoria staterarum. Act. Helv. III. 13 * (1758) tab. III.—V.
Desaguliers *on the balance with an oblique thrust. Phil. Trans.* (1729) XXXVI. 128.
Ludlam's *bent lever balance for yarn. Phil. Trans.* 1765. 205.
Baumgartner Supplmtbd. S. 55 (Werner's Zeigerwaage).
v. Gerstner l. c. S. 194 (verschiedene Arten d. Zeigerwaage).
Lardner und Kater Lehrbuch der Mechanik (Verschiedene Arten der Zeigerwaage von Dumont, Brady u. A.).
Weisbach Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. II. 93 *.
Arzberger Gilb. Ann. XLVI. 392 * (Theorie einer Z.) (1814).
Schlumberger Dingl. p. J. XXXVI. 5; *Bull. de la Soc. de Mulhouse* Nr. II. (Theilung).
Newton's verbesserte Waage. Dingl. p. J. LXXXIV. 261 *; *Mech. Mag.* XXXVII. 319; *Lond. J. C. S.* XX. 27 (eine hängende Zeigerwaage).

d. Schnellwaage (römische, romanische W. Besemer, Desemer).

Hooke's *steelyard. Birch. hist.* IV. 242.
Römer dänische Schn. *Machines et inventions.* I. 79.
Paul's Schn. in Gregory *Mechanics* II. 405
Pictet üb. Paul's Schn. *Phil. Mag.* III. 408.
Chinesische Schn. *Grew's Mus.* 369; *Hutton Dict.* II. 456.
Leupold Th. stat. I. cap. 6; tab. X—XVI *. (auch die zusammengesetzten Hebelwaagen, wie die s. g. schwedische Schiffswaage).
Ramsden *exp. to determinate the spec. grav. of fluids.* London 1792; *Journ. d. ph.* XL. 432 (1792 juin) (Abb. bei Th. Young, tab. IX, Fig. 112 *).
Hassenfratz *Ann. de chim.* an 6 Nr. 76; Gilb. Ann. I. 158 * (Veränderung von Ramsden's Schn.).
Lahire *Mém. de Paris* IX. 46.
Lampadius Beschreibung einer empfindlichen und bequemen Waage, die zugleich als Magnetometer dienen kann. Schweigg. J. X. 171 * (1814) (Balken aus einem Glasstäbchen, an Faden aufgehängt).
Arzberger Gilb. Ann. XLVI. 294 * (Combin. der gleicharm.- und Schnellwaage) (1814).
Coate hydrostatische Waage. Schweigg. Jahrb. I. 358 * (1821). *Edinb. J.* VI. 401.
Adie hydrostatische Schnellwaage. Schweigg. Jahrb. V. 69 *; *Mem. of the Werner. soc.* III. 495 (1822).
Gouault de Monchaux neue Garnwaage (sehr feine Schnellw., deren Laufgewicht nur 0,5 Grammen wiegt). Jahrb. d. polyt. Inst. V. 383 * *Bull. de la Soc. d'encour.* 1822.

BLACK Beschreibung einer sehr empfindlichen Waage. *Ann. of ph.* n. s. X. 52; *Gill techn. rep.* VIII. 76; *Quart. J.* XX. 161; *Glasg. Mag.* IV. 154.
MARRIOT's Schnellwaage. Elbbl. polyt. Inh. 1827 S. 185.
PATTEN hydrostatische Schnellwaage. *Sillim. J.* (1.) IX. 92.
RANCUREL verbesserte Schnellwaage. *Brev. d'inv.* XX. 146.
FAIRBANK Schnellwaage. *Rep. of pat. inv.* (1.) XVI. 349.
JUNDT u. KOLB verbesserte römische Waage. *Brev. d'inv.* XXXVII. 397.
IRVING u. MORSON römische Waage. *Brev. d'inv.* XXXIX. 366.
MOHR Schnellwaage. Dingl. p. J. LXXXII. 6* (1841) (über die zweckmässigste Construction der Schn.).
POLLET Schnellwaage. *Brev. d'inv.* LXIV. 54.
F. LOLLINI *appareil de pesage dit Romaine de conversion. C. R.* XLVIII. 573* (dieselbe Theilung für Decimal- und Duodecimalsysteme passend, wenn d. Laufgewicht gewechselt wird).
WILLIS Maschine, um schwere Lasten schnell zu wägen. *Rep. of pat.* N. S. XIV. 217; Dingl. p. J. LXXIX. 98* (der Hebel hebt successive mehrere Gewichte ab, bis dadurch Gleichgewicht bewirkt wird).
OECHSLE Goldlegirungswaage. Dingl. p. J. LXVII. 262*.
KERSHAW Mikrometerwaage (für Geldwägung). Dingl. p. J. LXXXVI. 264* *Mech. Mag* XXXVII. 119 (der Kopf der Schraube bildet selbst das Laufgewicht).
RENON u. GUÉRIN Tarirungsvorrichtung. Dingl. p. J. CXXVII. 324*; Centr. Bl. 1853. S. 11 (das Tariren der Gefässe an der gewöhnl. Waage, durch eine Nebeneinrichtung nach dem Principe der Schnellwaage bewirkt).

e. Brückenwaage.

S. TH. YOUNG pl. IX. Fig. 114*.
QUINTENZ Hebelwaage. Dingl. p. J. XXIII. 289; *Bull. d. sc.* t. VI. 346; *Rep. of p.* (1.) IV. 226.
Allgemeine Maschinenencyclopädie Bd. II. Art. Brückenwaagen.
v. GERSTNER l. c. I. 205.
J. G. DEIERLEIN *Lond. J. of arts a. sc.* XIV. 253; Wien. Jahrb. XIII. 339*; Dingl. p. J. XXIX. 413 (1828).
ROLLÉ neue Waage, *bascule portative* von QUINTENZ *Ann. de l'ind.* XIV. 252; Dingl. p. J. XIV. 3; *Bull. d. sc.* t. IV. 201; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1823. S. 318.
Französische Brückenwaagen. WEBER's Zeitbl. III. 81.
Prüfung der Strassburger Brückenw. Handl. Ztg. 1829. S. 462.
SCHWILGUÉ Brückenwaage. *Brev. d'inv.* XVI. 270.
BERGER Strassburger Brückenwaage. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1832. S. 34.
OTTO verbesserte Decimalwaage. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1833. S. 504.
QUINTENZ Strassburger Brückenwaage. *Brev. d'inv.* XXIII. 127.
KERMAINGANT Brückenwaage mit Index (Compteur) zum Wägen von Fuhrwerken. *Ann. d. ponts* (1.) VI. 363.
BATHER Brückenwaage. *Lond. J. C. S.* VI. 321.
FERREY Verbess. an der Strassburger Br. *Brev. d'inv.* XXIV. 143; XXIX. 190.
KOLB Br. *Brev. d'inv.* XXXVI. 222.
SCHWILGUÉ *Bull. de la Soc. d'encour.* 1835. p. 153; Dingl. p. J. LVIII. 128*.
ROLLÉ u. SCHWILGUÉ Br. *Brev. d'inv.* XXXVI. 230. XLVI. 102. Wien. pol. J. 1843. S. 1220.
BERRY Br. *Lond. J. C. S.* XVI. 128; Dingl. p. J. LXXVII. 176* (Combin. von Br. u. Schn. Waagen).
MOHR über richtig construirte Br. Dingl. p. J. LXXVIII. 195* (zur Theorie der QUINTENZ'schen W.).
Neue Wägemaschine, um die Brückenwaage im Grossen zu ersetzen. *Bull. d. sc.* t. XIII. 193.
JAMES Br. *Mech. Mag.* XXXVIII. 240; Hessl. Jahrb. 1843. S. 343.
Brückenwaagen 1 : 100. Dingl. p. J. LXXXVII. 433*; Polyt. Centrbl. 1843. S. 1; J. JARIEZ *Cours élem. de mécan.* Angers 1844. I. 130.
GEORGE Br. (Krahnwaage). Hessl. Jahrb. 1843. S. 403. Dingl. p. J. XCIII. 169*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1844. p. 161.
RÜHLMANN üb. GEORGE's Brückenwaagensystem. Ntzbl. d. hann. Gew. V. 1845. S. 229; Ztschr. d. G. V. 1845 S. 553.
GRISSEL u. LANE B. Dingl. p. J. C. 259*; *Rep. of p. E. S.* VII. 200.
LEFÈVRE Br. *Brev. d'inv.* LXI. 79.

POOLEY Br. *Mech. Mag.* XLVII. 61; Dingl. p. J. CXXIX. 75*. *Lond. J. C. S.* XLIII. 334 (Verbind. von Brückenw. u. Schnellw.).
ALLIOT Br. *Mech. Mag.* XLIX. 410; Centr. Bl. 1849. S. 210.
SPECKER Br. Techn. Ztschr. II. 81; Centr. Bl. 1849. S. 1053.
CAMUS Br. *Brev. d'inv.* LXX. 317.
HIND Br., Wiegekrahne. *Mech. Mag.* LVIII. 154.
JAMES Wiegekrahn. Gewztg. 1853. S. 437.
TH. SCHÖNEMANN Theorie und Beschreibung einer neuen Brücken-Waage. Denkschr. der math. naturw. Classe der Wiener Akad. VIII. Abh. von Nichtmitgl.* (1854).
DAY's Waage. *Rep. of pat. E. S.* XIV. 211; Dingl. p. J. CXIV. 183* (Combination von Brücken- und Schnellwaagen).
ELLIS Waage in Verbindung mit Drehscheibe auf Eisenbahnen. *Rep. of pat. E. S.* V. 137; Dingl. p. J. XCVI. 89* (Combination von Brückenw. u. Schnellwaage).
TAURINE Oestr. Ber. üb. d. Londoner 1862 gr. Ausstellung S. 399*; Preuss. Amtlicher Bericht desgl. S. 436* (Combination von Brücken- und Feder-W.: *balances à bascule élastiques*).

f. Waagen nach anderen mechanischen Principien.

HUBER *balance tangentigrade. Mém. de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève.* 1821. I. 93.
W. WEBER Kettenwaage. Gött. gel. Anz. 1837. S. 211*.
STEINHEIL Beschr. einer von ihm neu construirten Brückenwaage. Wien. Ber. V. 398; Centr. Bl. 1851. S. 1315; Dingl. p. J. CXXII. 351*.
G. PFLANZEDER Die Libellendecimalwaage. Pol. C. Bl. 1855. S. 1493; Bayr. K. u. Gew. Bl. 1855. S. 459*.
E. WARTMANN *Mém. sur deux balances à réflection et sur quelques recherches auxquels on peut les employer. Mém. de la soc. ph. de Genève* XI. 115.
GERLING Briefwaage. Dingl. p. J. CXXX. 401*. Centr. Bl. 1854. S. 468; *Phil. Mag.* (4.) VIII. 113 (der STEINHEIL'schen schwebenden Brückenw. ähnlich).

B. Senkwaagen.

§. 183.

Nach den Gesetzen der Hydrostatik wird ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper mit einer Kraft gehoben, welche dem Gewichte des Volumens der Flüssigkeit gleich ist, welches durch den eingetauchten Theil des Körpers aus seiner Stelle verdrängt wurde.

Ein Körper, der leichter ist als eine Flüssigkeit, wird daher nicht völlig eintauchen; er wird ferner, während sein Gewicht dasselbe bleibt, in Flüssigkeiten verschiedener Dichtigkeiten d und d_1 bis zu verschiedenen Theilen V und V_1 seines Volumens eintauchen. Aus dem beobachteten Volumen des eingetauchten Theiles des Körpers ergiebt sich dann die Dichtigkeit der Flüssigkeiten nach der Proportion $V : V_1 = d_1 : d$. Die zu solchen Beobachtungen dienenden Apparate sind die Aräometer mit fester Skale, welche entweder das eingetauchte Volumen ablesen lassen (Volumeter), oder das aus dem eingetauchten Volumen folgende specifische Gewicht (Densimeter), oder endlich eine Eigenschaft der Flüssigkeit, die in bestimmter Beziehung zum specifischen Gewichte steht (Alcoholometer, Soolwaagen etc.). Zur Bestimmung des absoluten Gewichtes werden diese Instrumente nicht verwendet.

Soll dagegen ein Körper, der leichter ist als eine Flüssigkeit, also für sich beim Schwimmen mit einem Theile seines Volumens über die Flüssigkeitsoberfläche herausragen würde, bis zu einer grösseren Tiefe, etwa bis zum möglichst genau zu erkennenden Volumen V eingetaucht werden, so ist eine Belastung mit Gewichten so lange erforderlich, bis das Gewicht des Körpers nebst dem der hinzugefügten Gewichte gleich ist dem Gewichte des Flüssigkeits-

volumens V. Bei Flüssigkeiten verschiedener Dichtigkeit d und d_1 wird daher ein anderes Gesammtgewicht p und p_1 des Körpers nebst den hinzugefügten Gewichten erfordert werden, um ein gleiches Volumen des Körpers unterzutauchen, und zwar findet die Proportion $p : p_1 = d : d_1$ statt. Die so zu benutzenden Instrumente sind die Aräometer mit Auflagegewichten (Senkwaagen, Gravimeter, auch wohl hydrostatische Waagen * genannt), welche also wie die vorher erwähnten Apparate zu Bestimmungen des specif. Gewichtes benutzt werden, sich aber auch zur Messung des absoluten Gewichtes eignen. Denn offenbar kann die der Senkwaage hinzugefügte Belastung auch theilweise durch einen beliebigen Körper ausgeführt und beobachtet werden, wie viele Gewichte man in diesem Falle **weniger** zur Belastung hinzufügen muss, um das Instrument bis zur bestimmten Tiefe einzutauchen; diese Differenz der erforderlichen Gewichte ist nothwendig gleich dem Gewichte des Körpers.

Ist A in *Fig. 63* eine solche aus einem Hohlkörper gebildete Senkwaage, die bei B durch eine schwerere Masse in aufrechter Stellung schwimmend erhalten wird, und tauchte dieselbe in einer bestimmten Flüssigkeit durch ihr Gewicht bis zur Linie ab ein, so würde eine gewisse Menge g von Gewichten, die in das Schälchen C zu legen sind, erforderlich sein, um die Waage bis zur Linie de in die Flüssigkeit hinabzudrücken, nämlich Gewichte von der Schwere des Flüssigkeitsvolumens, welches dem zwischen den Linien de und ab enthaltenen Volumen der Senkwaage gleich ist. Da die Form des Senkwaagenkörpers in der Nähe von m in einem dünnen Halse besteht, so wird eine kleine Gewichtsabweichung ausreichen, um die Marke m aus der Flüssigkeit zu heben, oder unter die Oberfläche hinabzudrücken, man wird also um so feinere Wägungen ausführen können, ein je kleineres Volumen ein noch zu beobachtender Längentheil des Halses hat.

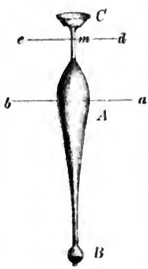


Fig. 63.

Würde nun statt der Gewichte g ein Körper vom Gewichte x auf C gelegt, so würde man etwa noch g_1 Gewichte hinzuthun müssen, um abermals die Senkwaage bis m einzutauchen, und da durch g dieselbe Wirkung wie durch $g_1 + x$ ausgeübt wird, so folgt

$$g = g_1 + x \quad \text{oder} \quad x = g - g_1.$$

Die Ermittlung des absoluten Gewichtes x erfolgt also nach dem Principe der doppelten Wägung, man untersucht, welche Gewichtsmenge erforderlich ist, um denselben Druck auszuüben, wie der feste Körper. Man könnte zwar ein für alle Male die Gewichte ermitteln, die erforderlich sind, um die Senkwaage in einer bestimmten Flüssigkeit bis zur Marke einzutauchen; um indessen den Einfluss der Wärme auf die Veränderung der Dichtigkeit der Flüssigkeit zu beseitigen, was durch Rechnung umständlicher sein würde, ist es zweckmässig,

* Mit dem Namen „hydrostatische Waage" wird sonst die gewöhnliche gleicharmige Waage genannt, wenn sie, wie dies schon von HOOKE angegeben wurde, eine Einrichtung erhält, um an einer Seite einen Körper so zu befestigen, dass er unter einer Flüssigkeit gewogen werden kann.

die Senkwaage in der angegebenen Art, nach der Methode der doppelten Wägung zu benutzen.

Eine andere Klasse von Waagen, welche auf dem hydrostatischen Druck beruhen, besteht im Wesentlichen darin, dass man den zu wägenden Körper *K* in *Fig. 64* auf die Oberfläche einer Flüssigkeitssäule von bekanntem Querschnitte drücken lässt und beobachtet, wie hoch sich in einer communicirenden Röhre *abc* die Flüssigkeit über das Niveau in dem ersten Gefässe erhebt. Ist diese Höhe $ab = h$, das specifische Gewicht der Flüssigkeit *s*, so ist das Gewicht des Körpers $= B \cdot h \cdot s$, oder, wenn man zur Füllung Wasser anwendet und die Maasse in Centimetern ausdrückt, $B \cdot h$ Grammen. Diese, von Horner zuerst angegebene Waage (bei welcher das Gefäss *B* oben mit einem Leder verbunden ist, auf dem die mit Stabführung versehene, zur Aufnahme des Körpers *K* bestimmte Brücke ruht) kann man mit den Zeigerwaagen vergleichen, indem sie von selbst eine Gleichgewichtsstellung einnimmt, welche an einer Theilung die dieser Stellung entsprechenden Gewichte abzulesen gestattet. Genauigkeit für die absolute Gewichtsbestimmung kann bei diesen Waagen nicht erwartet werden, während die Senkwaagen eine ungemeine Feinheit der Wägung gestatten, welche der mit gleicharmigen Waagen zu erzielenden mindestens gleichzusetzen ist.

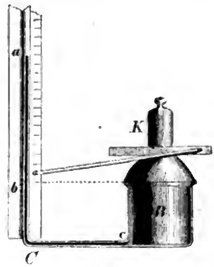


Fig. 64.

Das Aräometer mit Auflagegewichten wurde von Fahrenheit (1686—1736) fast ganz in der Form ausgeführt, wie es noch jetzt gebräuchlich und in der *Fig. 65* dargestellt ist. Das Instrument war zunächst dazu bestimmt, die Dichtigkeit der Flüssigkeiten genauer ermitteln zu lassen, als dies mit den Skalenaräometern der Fall ist.

Die an der Fahrenheit'schen Senkwaage angebrachten Veränderungen bezogen sich dann zuerst auf die Benutzung des Instrumentes zur Bestimmung des specifischen Gewichtes von Flüssigkeiten verschiedener Dichtigkeit (G. G. Schmidt und Ciarcy u. A.) und von festen Körpern (Nicholson's Hydrometer).

Tralles (1763—1822) aber gab dann der Senkwaage eine Einrichtung, wodurch dieselbe eine ebenso einfache als zu genauen Wägungen geeignete Vorrichtung wurde, von der zu bedauern ist, dass sie trotz der wiederholten Empfehlung bisher nur wenig Eingang gefunden hat.

Die Tralles'sche Senkwaage hat in späteren Vorschlägen nur unwesentliche Abänderungen erfahren und sind deshalb in den *Fig. 65* und *66* die Abbildungen zweier Instrumente gegeben, wie sie Tralles für kleinere und für grössere Lasten anwendete.

Die einfachste von Jedermann leicht auszuführende und doch schon für kleinere Gewichte bis zu 200 Grammen einen erheblichen Grad von Genauigkeit gewährende Vorrichtung zeigt *Fig. 65* (S. 600). *A* ist ein leichter, also am besten hohler, rings geschlossener Körper von ellipsoidischer Form, in welchen ein dreimal gebogener Draht *abcde* fest eingekittet ist. Das Drahtstück *ab* bildet einen dünnen Cylinder, der beim Schwimmen der ganzen Vorrichtung vertikal stehen muss und bei *m* eine Marke trägt. An dem Drahtstücke *de* hängt die Waagschale *S*, welche zur Aufnahme des Körpers *G*, beziehlich der Gewichte bestimmt ist und so verschoben werden kann, dass der ganze Apparat in aufrechter Stellung schwimmt. Das Gefäss *B* dient zur Aufnahme der Flüssigkeit, in welche *A* eingetaucht werden soll, und die ganze Vorrichtung wird auf einem passenden Gestell *C* angebracht. Es lässt sich leicht zeigen,

dass bei einer Füllung von *B* mit Wasser ohne besondere Schwierigkeit eine Aenderung des die Schale belastenden Gewichtes um 0,5 Mlgr. beobachtet werden kann, was, wenn 200 Gramms die höchste Belastung ausmachen, eine Feinheit der Wägung von 1 : 400,000 wäre.

Einen grösseren, sorgfältiger construirten und zur Abwägung bis etwa 1 Klgr. bestimmten Apparat zeigt *Fig. 66*. Der hohle Körper ist wieder *A*; derselbe ist oben mit einer Fassung ver-

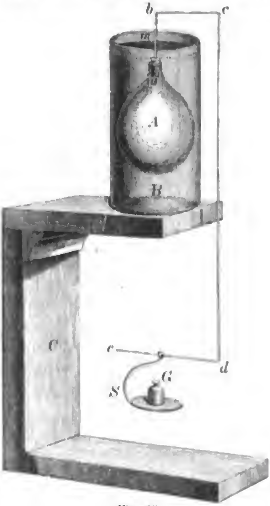


Fig. 65.

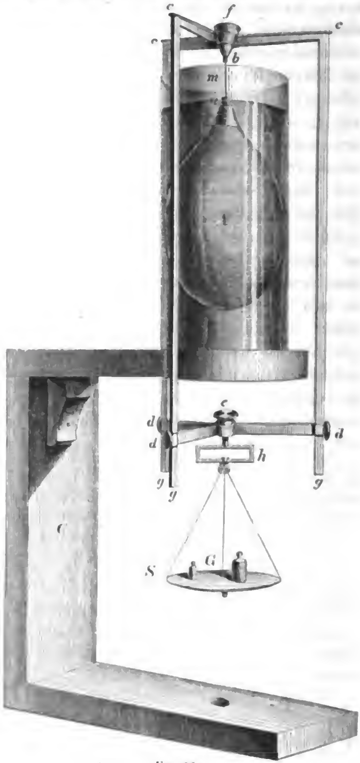


Fig. 66.

sehen, in welche der etwa 1 ^{mm} dicke Stahlcylinder *ab* mit der Marke *m* eingeschraubt ist. Bei *b* ist der Cylinder etwas dicker und genau passend in eine Vertiefung der Schraube *f* eingeschliffen, gegen welche der Schwimmkörper bei seinen Bewegungen sich stützt und dadurch das Gesperre *ccc ... ddd* auf und ab führt. Dies Gesperre wird von den unter einander zusammenhängenden dreistrahligen Trägern *ccc* und *ddd* und den sie verbindenden Stäben *cp cq cg* gebildet, durch Schrauben kann *ddd* an den Stäben tiefer oder höher befestigt werden, um den Schwerpunkt des ganzen Systemes tiefer oder höher zu legen. An dem untern Stücke *ddd* und in dessen Mitte bei *e* ist eine Schneide *h* angebracht, an welcher die Schale *S* hängt, die man, um stets ein aufrechtes Schwimmen zu bewirken, auf der Schneide verschieben kann. *B* ist das Gefäss zur Aufnahme der Flüssigkeit und des Schwimmkörpers, *C* ein passendes Gestell. Die Waage kann durch Abschrauben von *ddd* und Lösung des Zapfens bei *b* leicht auseinander genommen werden und ist dann bequem zu transportiren.

Die Gränze der Belastung, zu deren Wägung eine solche Senkwaage ausreicht, und der Grad der zu erlangenden Genauigkeit der Wägung ergiebt sich folgendermaassen.

Ist N das Gewicht der ganzen Waage, also des Schwimmkörpers mit Einschluss des Gesperres und der Schale, $N_1 = VD$ das Gewicht des Flüssigkeitsvolumens, welches der Schwimmkörper bis zur Marke verdrängt, so muss $N_1 > N$ sein, damit der Körper schwimme, und $N_1 - N$ ist das Gewicht, welches in die Schale gelegt werden muss, um A bis zur Marke einzusenken. N_1 kann aber, indem man verschiedene Flüssigkeiten anwendet, von verschiedenem Werthe gemacht werden. Ein Schwimmkörper von 1 Cubikdecim. Inhalt würde 1 Klgr. Wasser, aber beiläufig 13,6 Klgr. Quecksilber verdrängen, und wiegt die ganze Waage 0,5 Klgr., so kann sie in Wasser getaucht 0,5 Klgr., in Quecksilber 13,1 Klgr. tragen. Da der Aufdruck des Quecksilbers so bedeutend ist, würde man besorgen müssen, dass bei schiefem Schwimmen der Cylinder *ab* verbogen würde, und wäre es besser, statt des einen Cylinders etwa 3 gleiche, die alsdann dünner sein könnten, zu wählen, wie denn überhaupt mannigfaltige constructive Aenderungen für verschiedene Grössen und Zwecke der Waage möglich sind, von denen Tralles schon eine grössere Zahl andeutet.

Die Feinheit der Wägung hängt davon ab, welche Grösse der Verschiebung des Cylinders *ab* gegen das Flüssigkeitsniveau man beobachten kann; dieser Verschiebung L entspricht bei dem Halbmesser R des Cylinders und der Dichtigkeit D der Flüssigkeit ein Gewicht $G = LR^2\pi D$. Die absolute Feinheit der Wägung nimmt also mit der Leichtigkeit der angewendeten Flüssigkeit zu. Nimmt man an, dass eine Verschiebung beim Eintauchen um $0{,}5^{mm}$ sich noch deutlich beobachten lässt (was nicht zu viel ist, da Hassler bei einer Senkwaage in Quecksilber nahe $0{,}1^{mm}$ beobachtete), so würde eine solche Verschiebung bei einem Cylinder von 1^{mm} Durchmesser nahe einem Wassergewicht von 0,3 Mgr. entsprechen, also, wenn nach obigem Beispiel die Waage 0,5 Klgr. in Wasser tragen kann, wäre die Empfindlichkeit mehr als 1 : 1,600,000 Quecksilber als Flüssigkeit angewendet, wäre der gleichen Verschiebung ein Gewicht von nahe 4 Mgr. entsprechend, die absolute Feinheit der Gewichtsbestimmung zwar kleiner, aber die relative Empfindlichkeit, da nach obigem Beispiele die Waage 13,1 Klgr. tragen würde, grösser und zwar mehr als 1 : 4,000,000.

Die an der Tralles'schen Senkwaage vorgeschlagenen und in Ausführung gebrachten Aenderungen sind rein constructive und meistens schon von Tralles selbst angedeutete. Derselbe hat auch die vollständige Theorie der Bewegungsbedingungen für die Senkwaage gegeben, aus welchen hervorgeht, dass die Sicherheit der Einstellung bei der Senkwaage etwa dieselbe, wenn nicht etwas grösser ist, wie bei der feinen gleicharmigen Waage, die letztere aber den Vortheil einer etwas kürzeren Schwingungszeit hat.

Literatur.

Th. Young l. c. II. 231* Hydrometers, ältere Literatur.
Muncke Art. Aräometer in Gehl. n. ph. W. I. 380* ff.
Dove l. c. 160*. 164* (Angabe über die Dimensionen von Hassler's Senkwaagen).

Monconу in Leupold Theatr. stat. II. §. 28. S. 210* (1726) Birch I. 257.
Feuillet ibid. §. 39. S. 211*.
Leutmann Comm. Petr. V. 273* (1738).
(Uebergänge vom A. mit fester Skale zu den A. mit Auflagegewichten).

Fahrenheit araeometri descriptio. *Phil. Trans.* XXXIII. 140.
Evelyn *of the hydrostatic balance. Phil. Trans.* LXXXVIII. 139*.
G. G. Schmidt Gren's J. VII. 186 (für Flüssigkeiten verschiedener Dichtigkeit).
Ciarcy Beschreibung des allgemeinen Aräometers. Giessen 1793. 8.
Lanier *hydromètre universal. Journ. de ph.* LXXIV. 182 (wie Schmidt u. Ciarcy's A.).
Charles *hydromètre thermométrique* in Biot *Traité de phys.* I. 144 (wie Schmidt und Ciarcy's A.).
Nicholson Hydrometer. *Manch. mem.* II. 370; Washington and London 1787. 8. (auch für specif. Gew. fester Körper).
Haüy *Traité de minéralogie* I. 210 (1801); übers. von Karsten I. 283; Gren's J. d. Ph. V. 502 (Abänderung von Nicholson's A.).
Charles *Aréomètre balance* in Biot *Traité de ph.* I. 433 (Abänd. von Nicholson's A.).
Guyton de Morveau Beschreibung einer Senkwaage (Gravimeter) *Ann. de ch.* XXI. 3; Gren's n. J. d. Ph. IV. 400* (1797) (wie Nicholson's A., nur von Glas).

CHAMPION *Ann. des arts et manuf.*; Journ. für Fabriken Oct. 1805. S. 300; Gilb. Ann. XXX. 389.
MEDHURST *Rep. of pat. inv.* (1.) IV. 321; Dingl. p. J. XXV. 218.
TRALLES Beschreibung und allgemeine Theorie einer neuen Waage. Denkschr. d. Berl. Ak. 1804—11. S. 65*; Gilb. Ann. XXX. 384; Hermbst. Bull. 1809. II. 143.
HASSLER *Comp. of weights and measures.* Wash. 1832.
LEWIS Körper hydrostatisch zu wägen. *Gill techn. rep.* VI. 157.
RITCHIE hydrostatische Waage. *Mech. Mag.* VI. 147; *Quart. J.* XXII. 182; *Bull. d. sc.* t. VIII. 58; Jahrb. d. pol. Inst. XI. 287*.
HORNER Gilb. Ann. LXVIII. 102* (1821).
HAWKINS hydrostatische Wägemaschine. *Franklin J.* Nr. 5. I. 336; *Mech. Mag.* XXVII. 148. 184. 229.
GROTHE Wasserwaage für die Sensenfabrikation. Verh. d. Gew. Ver. 1838. S. 62.
ERICSSON's hydrostatische Waage. *Mech. Mag.* XXXI. 53; *Franklin J.* Nr. 5. XXIV. 43.
ROBINSON's Merkurial-Briefwaage. *Mech. Mag.* XXXII. 488.
HUCKVALE Hydrostatische Waage. *Brev. d'inv.* LX. 235.
GERLING Briefwaage. Dingl. p. J. CXXX. 402* (ein gewöhnliches Aräometer mit fester Skale).
LECORNU-MAILLOT hydrostatische Waage. *Brev. d'inv.* LXI. 445.
SCHOFKA Wohlfeilste und genaueste Waage von beliebiger Tragkraft. Dingl. p. J. CVIII. 329*; Enc. Ztschr. d. Gew. Wes. 1848 p. 90* (die TRALLES'sche Waage, mit Rüböl als Flüssigkeit).
KÄPPELIN *a new weighing instrument. Mech. Mag.* LXIV. 537; Pol. Centr. Bl. 1856 S. 1048*; *Bull. de la Soc. de Mulhouse* 1856. p. 226 (Abänder. der TRALLES'schen Waage mit zwei Waageschalen, wie schon TRALLES vorschlug).

C. Waagen von elastischen Körpern.

§. 184.

Nach dem Gesetze der Elasticität fester Körper sind innerhalb der Gränzen der vollkommenen Elasticität die Verkürzungen oder Verlängerungen des Körpers den dieselben bewirkenden Kräften proportional.

Wenn man somit aus einem Versuche wüsste, um wie viel ein elastischer Körper durch ein gewisses Gewicht verlängert oder verkürzt, verbogen oder um seine Axe gedreht würde, so müsste, so lange der Körper als vollkommen elastisch anzusehen ist, dieselbe fernere Verlängerung, Verkürzung, Verbiegung oder Drehung durch die Vermehrung des Druckes um ein ferneres, dem ersteren gleiches Gewicht, oder eine diesem gleiche Masse veranlasst sein. Ist also die Formveränderung a für die zur Einheit angenommene Gewichtswirkung g bekannt, so wird eine beobachtete Formänderung na die Wirkung eines Gewichtes ng beweisen, sobald nur der elastische Körper nicht über die Gränze der vollkommenen Elasticität belastet wurde.

Auf dieser Betrachtung beruhen die aus elastischen Körpern gebildeten Wägungsvorrichtungen, deren Formveränderung a für eine bestimmte Belastung g empirisch festgestellt wird, und deren Formveränderungen für andere Belastungen an Theilungen abzulesen sind, welche für gleiche Zunahmen von a gleiche Zunahmen von g ausdrücken.

Elastische Körper von parallelepedischer Form, Stäbe, Drähte u. s. w. verändern zwar ihre Länge sehr regelmässig und innerhalb weiter Gränzen proportional der Belastung, aber diese Veränderung ist räumlich sehr klein; um sie zu messen. müssten die feinsten mikrometrischen Vorrichtungen angewendet

werden. Aus diesem Grunde wird von der Längenänderung zur Bestimmung der Gewichte kein Gebrauch gemacht.

Bei gleicher Belastung sind räumlich die seitlichen Biegungen eines elastischen Körpers und die Drehungen eines solchen um seine Axe viel erheblicher; diese beiden Arten der Gegenwirkung der Elasticität gegen eine Kraft werden daher zur Grössenbestimmung der letzteren verwendet.

Wägevorrichtungen, bei denen die seitliche Ausbiegung eines elastischen Körpers zur Gewichts- oder Kraftmessung benutzt wird, heissen Federwagen und Feder-Dynamometer*; erstere sind in der Regel für die Messung geringer Kräfte, letztere für die der stärksten Zugkräfte bestimmt. Die der Drehung entgegenwirkende Elasticität ist zur Messung äusserst kleiner Kräfte geeignet und wird hierzu in eigenen Instrumenten, in den Torsions- oder Drehwaagen, im Bifilarmagnetometer u. s. w. benutzt, wo es sich darum handelt, die anziehende oder abstossende Wirkung von Kräften mit einander zu vergleichen. Zur eigentlichen Gewichtsbestimmung sind zwar auch einige auf der Drehungselasticität beruhende Vorrichtungen ausgeführt worden, haben sich aber keinen Eingang verschaffen können.

Die Form des Körpers, dessen der seitlichen Ausbiegung entgegenwirkende Elasticität (Transversal-Elasticität) zur Messung bei den Federwaagen dient, ist sehr mannigfaltig: stabförmig, wobei die Enden des elastischen Stabes oder Streifens frei sein (*Fig. 67 A*), oder auch eine geschlossene Form bilden können (*Fig. 67 B*), spiralförmig, die Spirale in einer Ebene liegend (*Fig. 67 C* und *D*), oder cylindrisch aufgewunden (*Fig. 67 E*), plattenförmig (Vidi's Anéroid-Barometer), eine Fläche bildend (*Fig. 67 F*), oder einen Raum umschliessend (*Fig. 67 G*) (Bourdon's Anéroid-Barometer).

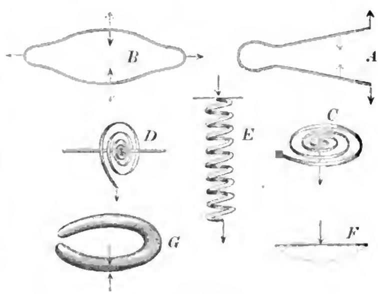


Fig. 67.

Wenn die elastischen Körper von sehr kleinen Dimensionen verfertigt würden, könnten die Federwaagen zur Abmessung äusserst geringer Gewichtsunterschiede Verwendung finden, so dass Herschel d. J. vorschlagen konnte, die ungleiche Stärke der Erdanziehung an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche dadurch zu bestimmen, dass die Dehnungen einer sehr feinen, mit einem constanten Gewicht belasteten Spirale beobachtet würden. Umgekehrt werden bei grossen Dimensionen der elastischen

* Unter dem Namen „Dynamometer" giebt es sehr verschiedene Messinstrumente, da eben ein „Kraftmesser" zur Messung sehr verschiedener Kräfte benutzt wird. Es ist deshalb hier das Wort „Feder" hinzugesetzt, um diejenigen Apparate zu bezeichnen, die zur Bestimmung eines Gewichtes, oder des einem solchen gleichkommenden Druckes vermittelst der Formänderung eines elastischen Körpers gebraucht werden. Von anderen Dynamometern, die zur Messung bestimmter mechanischer Wirkungen, z. B. der Nutzeffecte von Arbeitsmaschinen u. s. f., dienen, wird in den speciellen Abschnitten die Rede sein.

Körper dieselben einer Formveränderung starken Widerstand leisten, mithin zur Abmessung grosser Belastungen dienen können, wobei indessen eine bedeutende Feinheit der Wägung nicht erreicht werden kann, ohne mikrometrische Messungen anzuwenden, welche aber nicht zweckentsprechend wären, weil der Einfluss der Wärme u. s. w. auf den Elasticitätszustand des Körpers mühsame und keineswegs genau ermittelte Correctionen des beobachteten Werthes verlangen würde. Die Benutzung der Federwaagen beschränkt sich daher auf die Bestimmungen mittlerer und grosser Druck- oder Zugkräfte und gewährt, wie die der Zeigerwaagen, den Vorzug, die Grösse der wirkenden Kraft aus der von selbst erfolgenden Gleichgewichtsstellung unmittelbar ablesbar zu machen.

Die Zeichnungen in *Fig. 68 A, B, C, D, E* zeigen einige gewöhnliche Formen der Federwaage und des Dynamometers. *A* ist eine Federwaage mit Spiralfeder, welche durch eine in die Schale *S* gelegte Belastung *P* zusammengedrückt wird; der horizontale Zeiger *z* giebt an der vertikalen Theilung das der erfolgten Zusammendrückung entsprechende Gewicht an. *B* ist gleichfalls eine Federwaage mit Spirale; wird die Waage am Punkte *a* aufgehängt, so zieht eine an den Haken *c* gehängte Last *P* die cylindrische Büchse abwärts, wodurch die zwischen dem oberen Deckel des Cylinders und *b* liegende Feder zusammengedrückt wird; der hierbei aus dem Cylinder heraustretende Stab *db* zeigt an einer auf ihm angebrachten Theilung das der erfolgten Zusammendrückung entsprechende Gewicht von *P*.

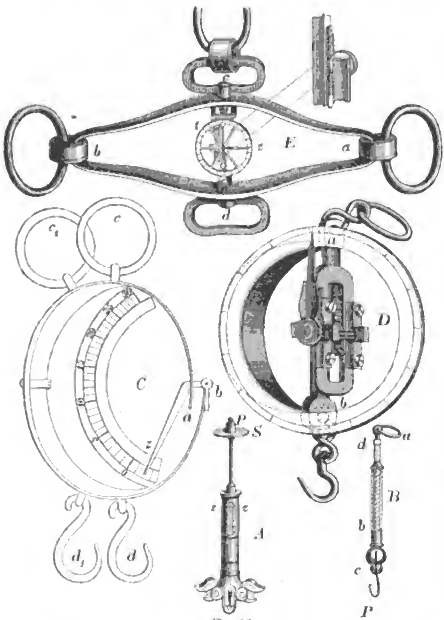


Fig. 68.

In *C* ist der elastische Körper ein fast zum Kreise gebogener Streifen, dessen freie Enden *a* und *b* von einander entfernt werden, wenn die Waage an *c* oder c_1 aufgehängt und bei *d* oder d_1 belastet wird. Der Zeiger *z* dreht sich hierbei auf getheilten Skalen (die für die Punkte *c* und *d*, bezüglich c_1 und d_1 verschiedene Werthe haben), und giebt durch seine Stellung die den Belastungen gleichen Gewichte an.

D ist sehr ähnlich wie *C* construirt, nur wird die erfolgende Entfernung der freien Enden *a* und *b* der halbkreisförmig gebogenen elastischen Feder durch eine an derselben befestigte Vorrichtung, aus einer verzahnten Stange und einem verzahnten Rade, an dessen Axe der Zeiger sitzt, bestehend, in stark vergrössertem Maassstabe auf der Kreistheilung sichtbar.

Dieselbe Einrichtung zur Ablesung der erfolgten Formveränderung wie bei *D* ist bei dem aus einem starken geschlossenen Stahlbügel gebildeten Dynamometer *E* getroffen. Je nachdem die Zugkraft zwischen *a* und *b* oder zwischen *c* und *d* wirkt, wird die grosse oder kleine Axe des ovalen Bügels verlängert und die erfolgte Verschiebung durch den Zeiger *z* an dem Theilkreise *t* abgelesen. Wieder entsprechen natürlich die verschiedenen Angriffspunkte *a* und *b*, beziehlich *c* und *d* verschiedenen Theilungen. Die Formveränderung der Feder wird wie bei dem vorigen Instrumente durch eine mit der Feder verbundene, aus verzahnter Stange und Rad bestehende Vorrichtung auf den Zeiger übertragen. An der Axe des Rades, wie die Nebenfigur zeigt, befindet sich der Zeiger, an welchem bei geringer Verschiebung des Rades auf der verzahnten Stange eine merkliche Winkelbewegung hervorgebracht wird. Ausserdem pflegt man an diesen Instrumenten einen lose über der Axe des Zeigers *z* steckenden Zeiger z_1 anzubringen, der von *z* bei dessen Bewegung mitgenommen wird, aber an der Stelle stehen bleibt, bis zu welcher er verschoben wurde, wodurch das Maximum des erfolgten Zuges angegeben wird.

Alle diese Vorrichtungen werden empirisch getheilt, indem man die Stellung des Zeigers bei Belastung durch bekannte Gewichte ermittelt.

Federwaagen für Zwecke des täglichen Lebens an Stelle gewöhnlicher Hebelwaagen sind erst neuerdings mehr in Gebrauch gekommen. Federdynamometer sind in der Technik seit der ersten Angabe eines zweckmässig eingerichteten Instrumentes von E. Regnier (1751—1825), welches mit dem oben *Fig. 68 E* abgebildeten viel Aehnlichkeit hat, verwendet worden. Bei Federwaagen, die zur Abmessung eines Gewichtes oder constanten Druckes benutzt werden, ist die Grösse des Gewichtes bei hergestelltem Gleichgewichte zwischen Elasticität und Gewicht an dem ruhenden Zeiger so genau abzulesen, als die Theilung des Instrumentes es gestattet. Ziehen aber ungleich wirkende Kräfte an dem Instrumente, wie z. B. die Zugkraft eines Thieres, der Zug einer Dampfmaschine bei wechselnder Spannung u. s. w., so muss der Zeiger hin und her schwanken. Um die für einen bestimmten Zeitmoment geltende Zugkraft, oder auch den Mittelwerth der Kraft für einen Zeitraum zu erhalten, bringt man mit dem Dynamometer Registrirapparate verschiedener Art in Verbindung, z. B. wird der Zeiger mit einem Zeichenstifte versehen und zeichnet auf einem unter ihm fortbewegten Papiere die Schwankungen des Zeigers in Form einer Curve auf (Morin's *dynamomètre à style et à bandes de papier*); oder auf dem Zeiger rückt mit gleichmässiger Geschwindigkeit ein Zeichnenstift von einem Ende zum andern fort und verzeichnet auf einem am Dynamometer befestigten Papiere die den Zeigerschwankungen entsprechende Curve (Burg's Dynamograph). Hierher gehört auch der zur Messung der Dampfspannungen zuerst von Watt angewendete Indicator.

In die Reihe dieser Federwaagen sind auch die Anéroid-Barometer * und eine Anzahl Feder-Manometer zur Messung der Dampfspannung zu stellen, wo der die Biegung veranlassende Druck dem Zwecke des Instrumentes gemäss nicht in Gewichten an der Theilung bezeichnet ist, sondern nach Höhen von Quecksilbersäulen gleichen Druckes, nach Atmosphärendruck oder Gewichtsdruck auf eine bestimmte Fläche u. s. w.

* Cfr. Vol. XXI. S. 831.

Zu sehr feinen Gewichtsbestimmungen die Durchbiegung eines dünnen Glasfadens zu benutzen, der an einem Ende befestigt, am andern mit der zu wägenden Substanz belastet wird, hat kürzlich A. M. MAYER vorgeschlagen. Indessen erscheint dies Verfahren weniger brauchbar, als die schon 1830 von RITCHIE angegebene Methode, die Torsionselasticität direkt zur Wägung zu gebrauchen. Ein feiner, horizontal zwischen den Punkten *a* und *d* (*Fig.* 69)

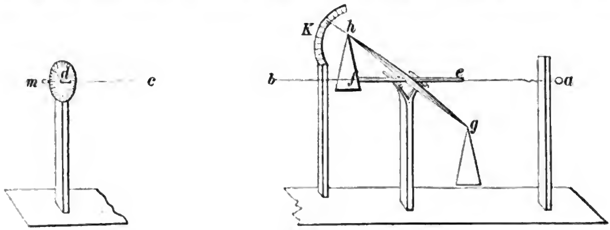


Fig. 69.

ausgespannter Faden *aefbcd* trägt zwischen *ef* eine feine prismatische Schneide einer leichten Waage *gh*, die auf zwei Glasröhren als Unterlage für die Drehung ruht. Der Waagebalken ist auf einer Seite bei *h* mit einer Spitze versehen, die auf einer Theilung *k* spielt, um den Stand der Waage anzugeben. Der Faden ist bei *d* in der Axe eines Zapfens *dm* befestigt, an welcher sich zugleich der über einem Theilkreise drehbare Zeiger *z* befindet. Steht der Waagebalken horizontal, so wird er durch Drehung des Fadens vermittelst der Umdrehung von *md* aus dieser Lage gebracht und es gehört ein bestimmtes Gewicht in einer Schale dazu, um die Horizontalstellung wieder herbeizuführen. Ist dies Verhältniss zwischen Grösse der Fadendrehung und dem derselben das Gleichgewicht haltenden Gewichtsgrösse ermittelt, so lässt sich nun die Torsion zur Abmessung sehr kleiner Gewichtsdifferenzen benutzen. Bringt man nämlich an der Waage Gewicht und Körper beinahe ins Gleichgewicht und würde das kleinste Gewicht, etwa 1 Mlgr., den Gewichten hinzugefügt, schon zu schwer sein, so liesse sich nun diese Differenz durch die Torsion ermitteln. Wäre z. B., um 10 Mlgr. ins Gleichgewicht zu bringen, eine Torsion von 600 Graden erforderlich, so entsprächen 60 Grade einem Mlgr. und man würde daher kleine Bruchtheile des Mlgr. durch die Torsion des Fadens ausgedrückt erhalten. Zu beachten wäre hierbei, dass der Werth der Torsion für verschiedene Belastungen der Waage festgestellt werden muss.

Bei einer von W. WEBER in Vorschlag gebrachten Waage wird die Elasticität nicht zur eigentlichen Messung benutzt, sondern nur um die Gleichheit von Gewicht und Last zu erkennen, wenn beide eine elastische Feder nach entgegengesetzten Seiten gleich stark zu biegen streben.

Literatur.

Federwaagen, Federdynamometer.

LEUPOLD Theatr. static. (1726) tab. XVI. Fig. 8* (Federwaage mit der Bezeichnung „Senkwaage" abgebildet, aber nicht beschrieben; derselben ganz ähnlich die späteren HANIN'schen W.).

MUSSCHENBROECK Staterae species. Introd. Ed. Lugd. Bat. 1762 S. 119 §. 403* und pl. IV. Fig. 6 (zangenförmige Feder durch Belastung mehr oder weniger geschlossen).

HORNER Art. Dynamometer in Gehl. n. ph. W. II. 715*.

v. GERSTNER Mechanik I. 246 (2. Aufl. Prag 1833).

MUNCKE Art. in Gehl. n. ph. W. X 44*.

DOVE l. c.

SCHUBARTH l. c. Dynamometer S. 204* Manometer S. 565* (ausführliche Literatur über D. und M. im Allgemeinen, worunter auch die Feder-D. und M.).

HANIN *Mém. de Paris* 1765; *Hist.* 135; *Rozier Journ. de ph.* XXXIX; *Trans. of the soc. f. enc. of arts.* IX. 151 (Spirale durch das Gewicht zusammengedrückt; danach LE ROY u. A.).

Regnier *Mém. explicatifs du dynamomètre.* Paris an 7. 4.; *Journ. des mines* 1807; *Journ. de l'éc. polyt.* II. 160? Gilb. Ann. 91 *; *Phil. Mag.* I. 399 (in sich geschlossener federnder Streifen; danach Muncke, Salmon, Prechtl, Morin u. v. A.)
Fresez *Dynamomètre balance. Bull. de la Soc. d'encour.* 1827. p. 74; Jahrb. d. pol. Inst. XVI. 280 *; Dingl. p. J. XXV. 356; *Bull. de la Soc.* t. VIII. 171 (wie Hanin's Federwaage ein D. mit Spirale, welche aber gegen das Zerbrechen geschützt ist, indem die Windungen sich bei der stärksten noch zulässigen Belastung aneinanderlegen).
Coathupe Federwaage. *Mech. Mag.* XXIII. 392.
Salter Federwaage. *Rep. of p.* N. S. XI. 277; Dingl. p. J. LXXII. 431 * (Spirale durch ein ziehendes Gewicht verlängert).
J. Silvester Federwaage. *Mech. Mag.* LXIV. 10.
Morin *Description des appareils chronométriques à style et des appareils dynamométriques.* Metz 1838 (Nach Poncelet's Angabe constr. Dynam. mit Registrirung). *Bull. de la Soc. d'encour.* 1837. p. 161; Dingl. p. J. LXV. 260.
Burg Ueber einen Dynamograph zur Bestimmung der Widerstände und Zugkräfte aller Art. Pol. Notzbl. I. Nr. 5 S. 69 *; Ber. d. Naturf. aus Gratz 1843. S. 252 * (Registrir. D.); Hessl. Jahrb. 1843. S. 740.
Briefwaagen verschiedener Construction (Federwaagen und Zeigerwaagen) s. *Mech. Mag.* XXXII. 178. 232. 306. 309. 418. 419. XXXIII. 75. 148; Dingl. p. J. LXXV. 430 * (Zeigerw.) CXXVIII. 342; Centr. Bl. 1853. S. 862.
Martin u. Reymondon Totalisirendes Dynamometer (mit Zählerwerk). *Bull. de la Soc. d'encour.* 1842. p. 177. 1843. p. 8; Dingl. p. J. LXXXVII. 1 *. LXXXVIII. 4 *.
Chatenet totalisirendes D. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1844. p. 61; Dingl. p. J. XCII. 426 *.
Garnier's verbessertes Watt'sches D. (Indicator). *Bull. de la Soc. d'encour.* 1846. p. 477; Dingl. p. J. CIII. 1 *.
J. Völcker's Der Indicator. Anleitung zum Gebrauch desselben etc. Berlin 1863. 8. *.
Bourdon Metallmanometer. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1851. p. 197; 1852. p. 373; Dingl. p. J. CXIX. 168 *. CXXI. 81 * CXXV. 155 *; Centr. Bl. 1851. S. 1153.
Bourdon's Manometer von Hennault verbessert. Dingl. p. J. CXXVIII. 333 *; Centr. Bl. 1853. S. 1217.
V. Pierre Theorie des Bourdon'schen Metallbarometers. Abh. d. Kgl. Böhm. Ges. (5.) XI *. 1860.

A. M. Mayer *on the estimation of the weights of very small portions of matter. Sill. J.* XXV. 39; *Inst.* 1858. p. 140.
W. Weber Gött. gel. Anz. 1837. S. 218 *.
Ritchie *on the elasticity of threads of glass with some of the most useful applications of this property to Torsion Balances; Phil. Trans.* 1830. p. 402; Schweigg. J. LXI. 336 *; Fechner Rep. I. 7; Wien. Zeitschr. IX. 214 *; Jahrb. d. polyt. Inst. XI. 288 *.

6. Messen von Zeitintervallen.

§. 185.

a. Allgemeines.

Die Grösse einer Kraft wird erkannt aus der Bewegung einer Masse. Bewegung ist aber ein in gewisser Zeit zurückgelegter Weg. Waren im Vorangehenden die Methoden zur Messung der räumlichen Dimensionen und der Masse angegeben, so bleibt noch übrig, die Messung der Zeit zu betrachten, um diejenigen Grössen vollständig zu erhalten, von deren Feststellung unser Urtheil über die Wirkungen der Kräfte und über die Kräfte selbst abhängig ist. Bei der Zeitmessung wird man zwei verschiedene Aufgaben von einander trennen müssen: 1. die Aufgabe, einen Zeitmoment in seinem Verhältnisse zu der die Grundlage unserer Zeitrechnung bildenden Bewegung des Erdkörpers im Weltenraume anzugeben, also z. B. den Moment des Mittags, oder die tägliche Umlaufsperiode der Erde od. dergl. m. zu bestimmen; dies würde man die **absolute Zeitbestimmung** nennen können, von welcher ausführlicher im folgenden

Kapitel die Rede sein wird; 2. die Aufgabe, einen Zeitraum zu theilen, wobei wieder zwei Fälle unterschieden werden können, a. die Theilung in Theile, welche bestimmte Werthe der absoluten Zeitbestimmung ausdrücken, also z. B. eine Messung nach Stunden, Minuten oder Sekunden mittlerer Zeit u. s. w., was wir Messung nach absoluter Zeit nennen wollen, b. die Theilung in willkührliche, aber für eine Beobachtung unter sich gleiche Theile: relative Zeitmessung. Der erstere dieser beiden Fälle setzt also voraus, dass wir durch die absolute Zeitbestimmung gewisse, grössere Zeitabschnitte mit Sicherheit bestimmen können und nur noch die Aufgabe haben, einen solchen Zeitabschnitt in eine messbare Zahl gleicher Theile zu theilen. Dies geschieht im Allgemeinen durch die Uhren oder Zeitmesser, Chronometer. Der zweite Fall stellt uns dagegen nur die einfachere Aufgabe, *n* unter einander gleich lange dauernde Bewegungen herzustellen, wo aber die Einheit der Zeitdauer willkührlich sein kann. Die hierzu dienenden Instrumente würde man passend Chronoskope nennen, wenn nicht dieser Name mehr für Instrumente zur Messung sehr kleiner Zeittheile (oder sehr grosser Geschwindigkeiten) gebräuchlich wäre. Uebrigens geschieht die Messung relativer Zeittheile durch dieselben Hülfsmittel wie die Messung von Intervallen nach absoluter Zeit, indessen können dieselben in einfacherer Form angewendet werden.

Der Begriff der Zeit fällt mit dem einer gleichförmigen Bewegung zusammen; einen Zeitraum in gleiche Abschnitte zerlegen, ist daher auch übereinstimmend mit der Eintheilung derjenigen gleichförmigen Bewegung, welche den ganzen Zeitraum darstellt; ferner, indem wir *n* einzelne gleichförmige Bewegungen hintereinander abmessen, ist die Summe der Zeit für diese *n* Bewegungen gleich der *n* fachen Zeit jeder einzelnen Bewegung. Die Messung nach absoluter Zeit besteht hiernach darin, dass wir uns *n* untereinander gleiche Bewegungen *a* verschaffen, deren Summe na einem zur Einheit angenommenen absoluten Zeitmaasse, z. B. der Tageslänge gleichkommt. Bei der relativen Zeitmessung fällt diese letztere Bedingung fort. Die Feinheit der Zeitmessung wird um so grösser sein, je grösser für die Zeiteinheit *n* und je kleiner *a* wird, sie geht aber, auch wenn wir *a*, die beobachtete Bewegung, noch theilen könnten, nur dann über *a* hinaus, wenn auch innerhalb *a* die Bewegung gleichförmig ist, während bei einzelnen unter sich gleichen Grössen *a*, die aber jede für sich ungleichförmige Bewegungen bilden, *a* dem kleinsten zu messenden Zeittheile entspricht. Läuft z. B. ein Schwungrad in gleichförmiger Geschwindigkeit ein Mal in der Minute um, so würde in jeder Sekunde eine Drehung um 6 Grad erfolgen und wir könnten Bruchtheile der Sekunde so weit aus der Bewegung ableiten, als wir Theile des Kreisumfanges bei der Drehung zu beobachten vermöchten; ebenso würden aber auch *n* Minuten aus *n* beobachteten Umdrehungen folgen. Ein Pendel dagegen, welches zu einer Schwingung vom höchsten zum tiefsten Punkte, oder umgekehrt $1/_2$ Sekunde braucht, wird uns lehren, dass 120 solcher Bewegungen 1 Minute erfordern, aber wir dürften den Weg nicht ferner in gleiche Theile zerlegen, um Bruchtheile der halben Sekunde zu beobachten, weil die Bewegung innerhalb dieser halben Sekunde ungleichförmig ist.

Nun sind gerade die wichtigsten Bewegungen, die wir bei unsern Zeitmessern gebrauchen, ungleichförmige, nämlich: der freie Fall eines Körpers, oder der Fall auf vorgeschriebener Bahn, oder die hiermit in den Gesetzen übereinstimmenden Bewegungen, veranlasst durch Anziehung einer constanten Kraft (Magnetismus z. B.) oder durch gestörtes elastisches Gleichgewicht.

Entweder müssen wir also diese ungleichförmigen Bewegungen gleichförmig zu machen suchen, und dies war z. B. bei den ältesten Räderuhren der Fall und wird jetzt bei den Apparaten zur Messung sehr kleiner Zeitintervalle an rotirenden Körpern benutzt. Oder wir lassen die ungleichförmige Bewegung in regelmässig aufeinander folgenden Abschnitten unterbrechen und immer wieder von Neuem beginnen, wo dann die Dauer einer solchen Unterbrechung das kleinste Zeitmaass ist, und dies geschieht bei unsern jetzigen Pendel- und Feder-Uhren.

Zum genauen Verständniss der verschiedenen Zeitmessapparate ist nicht allein die Kenntniss der Gesetze der Bewegungen, sondern auch derjenigen Kräfte erforderlich, welche abändernd auf die Bewegungen einwirken, namentlich der Wärme. Die vollständige Theorie der Uhren und ihrer wesentlichen Theile gehört daher in die Mechanik, beziehlich in die Wärmelehre, und werde ich mich hier darauf beschränken, die wichtigsten Arten der Uhren und Chronoskope und den Zweck ihrer Haupttheile anzugeben.

Zuvor mögen noch einige weniger gebräuchliche und unvollkommnere Hülfsmittel zur Messung von Zeittheilen, die indessen zuweilen nützlich sein können, kurz erwähnt werden. Solche Hülfsmittel sind:

1. Bewegung des Schattens eines Körpers bei der sich ändernden Stellung der Sonne (Sonnenuhren).
2. Messung der Flüssigkeitsmenge, welche aus einer bestimmten Oeffnung ausfliesst (Wasseruhren).
3. Messung der Menge einer Sandmasse, welche durch eine bestimmte Oeffnung ausläuft (Sanduhren).
4. Messung der Umdrehungszahl eines Körpers, dessen Drehungen durch Widerstandsflügel u. dergl. m. gleichförmig gemacht sind (alte Räderuhren).
5. Andere Hülfsmittel wie die Dauer eines chemischen Processes, Tonhöhen u. s. f.

1. Sonnenuhren sind wohl die ältesten Zeitmesser, da es sich von selbst darbieten musste, zur Zeitangabe die Schattenprojectionen zu benutzen, welche von dem Himmelskörper, an den man vorzugsweise die Zeitrechnung anschliesst, entworfen werden.

Die allgemeine geometrische Lösung der Aufgabe, eine Linie zu ziehen, welche auf einer beliebigen Fläche durch den Schatten einer zu bestimmter Zeit von der Sonne beschienenen geraden Linie gebildet wird, ist zwar sehr complicirt, weil die Form und Lage der Fläche eine unendlich mannigfaltige sein kann. Allein von einfachen Fällen ausgehend, z. B. von dem Falle, dass eine der Weltaxe parallele gerade Linie auf eine, der Aequatorebene parallele Ebene Schatten wirft (sogenannte Aequinoctialuhr), lassen sich auch die compli-

cirteren Fälle graphisch mit derselben Genauigkeit construiren, als nach einer geometrischen Auflösung möglich wäre. Anleitungen, unter den verschiedensten Bedingungen richtige Sonnenuhren zu construiren, sind bis in die neueste Zeit oft gegeben worden (s. d. Literatur). Nichts destoweniger bleibt die Sonnenuhr immer ein mangelhaftes Instrument, weil, abgesehen davon, dass die Sonnenzeit, welche sie angiebt, erst in mittlere Zeit durch Rechnung verwandelt werden muss und dass sie nur zu ungewissen Zeiten benutzt werden kann, eine feine Zeiteintheilung nicht thunlich ist. Bei äusserst sorgfältiger Construction und grossen Dimensionen der Uhr wird eine Messung, die eine Sicherheit von einer Minute gewährt, schon ungewöhnlich fein sein.

2. Wasseruhren sind ebenfalls seit den ältesten Zeiten zur Zeitmessung angewendet worden und es ist nicht zu läugnen, dass sich vermittelst des Ausflusses einer Flüssigkeit aus einem Gefässe ein hoher Grad der Genauigkeit erzielen lässt, wobei freilich die Construction solcher Uhren auch eine sehr complicirte wird, ohne die Sicherheit unserer jetzigen Uhren zu gewähren. Die ausfliessende Flüssigkeit kann in verschiedener Weise die Zeit angeben. Entweder entleert sich ein Gefäss durch eine Oeffnung im Boden des Gefässes, die Flüssigkeit fliesst also bei sich vermindernder Druckhöhe mit abnehmender Geschwindigkeit aus und folglich würden gleiche Zeiten durch eine abnehmend geringer werdende Druckhöhe, oder durch abnehmend kleinere abzumessende oder abzuwägende Mengen der Flüssigkeit bestimmt werden. Nach den Gesetzen über die Ausflussgeschwindigkeit und Ausflussmenge einer Flüssigkeit unter verschiedenem Drucke würde sich, bei bekannten Dimensionen des Gefässes und der Ausflussöffnung, der Betrag des Sinkens der Flüssigkeit oder der ausfliessenden Menge berechnen lassen und könnte durch einen Schwimmer ein Zeiger auf einer Theilung bewegt werden, der die vom Beginn des Ausfliessens verstrichene Zeit angäbe.

Man kann aber auch das Ausflussgefäss stets gefüllt erhalten, oder durch einen schwimmenden Heber stets gleiche Druckhöhen für die ausfliessende Flüssigkeit herstellen, wie dies angeblich schon Heron von Alexandrien gethan haben soll, und später vielfach bei den Wasseruhren geschah. Dann müssen theoretisch die in gleichen Zeiten auslaufenden Flüssigkeitsmengen gleich bleiben. Liesse man nun die Flüssigkeit in ein cylindrisches Gefäss ablaufen, so würde in diesem ein Schwimmer in gleichen Zeiten um gleiche Höhen gehoben und könnte zur Bewegung eines Zeigers auf einer gleichmässig getheilten Theilung benutzt werden.

Oder es kann auch die, aus dem stets gefüllt erhaltenen Ausflussgefässe mit constanter Geschwindigkeit ausströmende Flüssigkeit durch Stoss wirken und würde dann z. B. ein und dasselbe Rad, in gleicher Weise von der Flüssigkeit getroffen, eine constante Winkel-Geschwindigkeit erhalten, welche man, indem man dem Rade verschiedene Massen geben kann, beliebig zu verändern im Stande ist und etwa so reguliren könnte, dass das Rad in 1 Stunde oder 1 Minute einmal um seine Axe gedreht würde.

Nach solchen Grundsätzen sind bis in die neueste Zeit Wasseruhren construirt worden; so beschreibt schon Ath. Kircher mehrere verschiedene Arten:

das *horologium hydraulicum, h. aquaticum* u. s. w.; vor mehreren Jahren wurden Uhren, bei denen das Hülfsmittel des schwimmenden Hebers in Anwendung gebracht war, von Tiffereau ausgeführt.

Einen für längere Zeit regelmässigen Gang, der nur annähernd so sicher zu erhalten wäre, wie mit unsern Pendel- und Feder-Uhren, würde man aber schwerlich erzielen können, weil kleine Variationen in der Druckhöhe, selbst Erschütterungen des Gefässes, kleine Verunreinigungen der Flüssigkeit, die Ausflussmenge ändern, abgesehen von der fast unmöglichen Lösung der Aufgabe, eine solche Uhr von Temperatureinflüssen unabhängig zu machen.

Dagegen lässt sich der Ausfluss der Flüssigkeit sehr wohl benutzen, um die verhältnissmässige Dauer zweier Zeitintervalle zu bestimmen, indem man etwa die in zwei solchen Intervallen aus dem Ausflussgefässe mit constanter Druckhöhe ausfliessenden Flüssigkeitsmengen abwägt; Kater schlug vor, sich hierzu des Quecksilbers zu bedienen.

3. Sanduhren. In ähnlicher Weise wie bei den Flüssigkeiten wird auch die Menge des durch eine feine Oeffnung ausfliessenden trockenen Sandes zur Zeitbestimmung benutzt. Man will bemerkt haben, dass der Sand gleichmässig abfliesst, wie hoch auch derselbe über der Oeffnung angehäuft ist. Es würde daher die Abwägung der Sandmenge zur Zeitbestimmung führen können, ebenso auch die Bewegung, welche man den herabfallenden Sand auf ein Rad übertragen liesse. Ausser als mechanische Spielereien werden vollständige Sanduhren, die Stunden und Minuten zeigen, nicht construirt. Wohl aber bedient man sich der einfachen, gewöhnlich Sanduhr oder Stundenglas genannten, Vorrichtung zur Abmessung bestimmter gleicher Zeitintervalle, indem man den Sand abwechselnd aus einem Gefässe in ein anderes, welche beide von kegelförmiger Gestalt sind und mit den Spitzen zusammenstossen, überlaufen lässt; dies sind die Stundengläser und Loggläser der Schiffer. Unlängst ist von Tiffereau eine Sanduhr angegeben worden, bei welcher die zusammenhängenden Gefässe die Form cylindrischer Röhren haben und die Höhe des übergeflossenen Sandes an einer Theilung beobachtet werden kann, wodurch sich kleine gleiche Zeiträume, wenn auch ohne grosse Genauigkeit bestimmen lassen.

4. Rotirende Körper; die alten Räderuhren. Wenn auch die Zeit der Erfindung der Räderuhren, sowohl der durch Gewichte, wie der durch Federn bewegten, nicht bekannt ist, so weiss man doch, dass Räderuhren, die bereits einen gewissen Grad der Vollkommenheit hatten, im 14. Jahrhundert verfertigt wurden. Wie Littrow richtig bemerkt, sind die Hülfsmittel, welche man zur Regulirung der Bewegung eines drehenden Körpers für Zwecke des täglichen Lebens benutzt, so einfach, dass Mechaniker sehr früh darauf verfallen konnten, die auf solche Weise regulirte Rotation zur Zeitmessung zu verwenden. Die beiden, noch jetzt am häufigsten zu vielen Zwecken und unter Anderem auch bei den zu sehr feinen Zeit- oder Geschwindigkeits-Messungen angewandten Hülfsmittel, eine durch eine constante Kraft, sei es Schwere oder Elasticität, hervorgerufene Drehung, welche eine beschleunigte sein würde, gleichförmig zu machen, bestehen darin, dass man entweder das Trägheitsmoment der zu bewegenden Masse, oder den in dem umgebenden Mittel, der

Luft, dem Wasser, zu überwindenden Widerstand veränderlich macht und diese Grössen so lange abändert, bis die bewegende Kraft gerade genügend ist, die Bewegungshindernisse während der Bewegung zu überwinden. Auch wird wohl die Drehungsgeschwindigkeit dadurch geregelt, dass man den sich drehenden Körper eine mit vermehrter Geschwindigkeit sich steigernde Reibung ausüben lässt, etwa mit Hülfe eines Centrifugalregulators. Freilich werden diese Hülfsmittel, da sich die Bewegungshindernisse mit der Zeit ändern, für längere Dauer keinen regelmässigen Gang der hierauf begründeten Uhr sichern, allein für kürzere Zeitintervalle, wie sie bei Geschwindigkeitsmessungen allein vorkommen, ist dies die bequemste Methode, eine gleichförmige Drehungsgeschwindigkeit zu erhalten.

Als Beispiel solcher Bewegungsregulirungen mögen die Einrichtung an einer der ältesten Uhren, welche 1364 von Heinrich von Wyck construirt wurde, und eine neuerdings von Siemens und Halske zur Herstellung verschieden schneller Unterbrechungen des galvanischen Stromes angewendete Construction erwähnt werden.

Bei H. v. Wyck's Uhr wirkten die Zähne eines Rades *R* (*Fig. 70*) ganz ähnlich wie bei einer Art der Unruhe unserer Taschenuhren auf kurze Ansätze *E* und *F* an einer Axe *AB*, die ihrerseits an dem Querstabe *CD* Gewichte trug, welche nach Belieben der Axe genähert oder von ihr entfernt werden konnten; wegen des sich hiermit ändernden Trägheitsmomentes kann man die durch den Druck des vom Gewichte gezogenen Rades *R* auf die Ansätze hervorgerufene Drehung der Axe innerhalb bestimmter Gränzen beschleunigen oder verlangsamen.

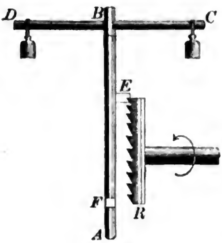


Fig. 70.

Der Widerstandsflügel an dem Instrument von Siemens und Halske besteht aus zwei Platten *ab* und *cd* (*Fig. 71 A* und *B*), welche mit der Axe *c* verbunden sind, aber durch eine aus der Zeichnung ersichtliche Einrichtung alle zwischen den Lagen der *Fig. 71A* und *71B* befindlichen Stellungen zur Axe einnehmen können. Bei der Rotation der Axe in der Richtung des Pfeiles *p* ist, wenn die Platten die Stellung der *Fig. 71A* haben, der Widerstand der Luft ein Minimum, nur gegen die scharfen Kanten *a* und *d* wirkend; ein Maximum dagegen, auf die ganzen Flächen *ab* und *cd* wirkend, bei der Stellung der *Fig. 71B*; in jeder Zwischenstellung hat man einen Zwischenwerth. Es lässt sich also für eine gewisse Stärke der Feder oder des Gewichtsdruckes,

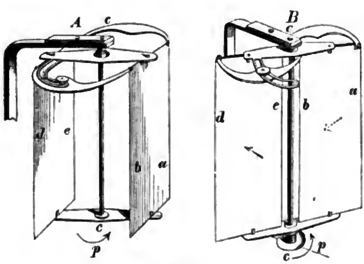


Fig. 71.

wodurch die Axe *c* gedreht wird, eine Regulirung der Geschwindigkeit innerhalb der Gränzen des veränderlichen Widerstandes herbeiführen.

Man sieht, dass in die Kategorie dieser Zeitmesser viele derjenigen Instrumente gebracht werden können, die zur Geschwindigkeitsmessung dienen, wie der WOLTMANN'sche Flügel u. s. w., oder die als Bewegungsregulatoren bei den Maschinen verwendet werden, wie der WATT'sche Centrifugalregulator u. s. f.

5. Andere Mittel zur Zeitabmessung, welche zu genaueren Bestimmungen grösserer Zeitintervalle führen könnten, sind nicht bekannt, da einige Methoden mehr dazu dienen, relative Zeitbestimmungen für kleine Zeiträume zu machen, wovon unten bei der Geschwindigkeitsmessung noch die Rede sein wird, andere dagegen nur als rohe Hülfsmittel zur ungefähren Zeitangabe gelten können. Dahin gehört z. B. die Zeitmessung durch die Dauer eines Verbrennungsprocesses; eine gleichmässige cylindrische Kerze wird in gleichen Zeiten um gleiche Längen niederbrennen, was man zu Signalen benutzt, indem man den Moment ungefähr berechnen kann, wenn die bis zu bestimmter Tiefe niedergebrannte Kerze eine Explosion einleiten wird.

Eine kürzlich unter dem Namen immerwährende Uhr beschriebene Vorrichtung dient zu ungefähren Zeitbestimmungen dadurch, dass in einer vertikal gestellten cylindrischen Röhre ein Tropfen zum gleichmässigen Hinabgleiten gebracht werden kann, indem man seine Masse so lange durch Probiren ändert, bis sich ergiebt, dass dieselbe gerade die von der Reibung und dem Widerstande der Luft herrührenden Bewegungshindernisse überwinden kann. Die *Fig. 72* zeigt eine solche Uhr, die man sich leicht selbst verfertigen kann; *ab* ist die cylindrische Röhre, in welche ein Quecksilbertropfen *c* gebracht ist, die Röhre ist oben und unten bis auf zwei feine Oeffnungen, aus denen die Luft entweichen kann, zugeschmolzen und steckt in einer zweiten Röhre *de*, die auf der Theilung beliebig zu verschieben ist. Die Theilung wird empirisch aufgetragen und wenn der Tropfen herabgeglitten ist, hängt man die ganze Vorrichtung um, so dass der Tropfen nun in entgegengesetzter Richtung gleitet. Bei sorgfältiger Verfertigung kann man bis auf Minuten die Zeit ebenso gut ablesen, wie an den gemeinen Pendeluhren.



Fig. 72.

Literatur.

Sonnenuhren.

J. J. LITTROW Art. Sonnenuhr in Gehl. n. ph. W. VIII. 887 *. Sehr zahlreiche Constructionen von Sonnenuhren, auch solche, bei denen die Flächen nicht direkt, sondern durch Spiegelung oder Brechung von der Sonne beschienen werden, finden sich in * ATH. KIRCHER's Ars magna lucis et umbrae angegeben.

J. J. LITTROW Gnomonik oder Anleitung zur Verfertigung aller Arten von Sonnenuhren. Wien 1831.

TREUTLER Die Construction der Sonnenuhren. Bd. 78 des Neuen Schaupl. der Künste und Handwerke. Weimar 8.

* H. GÖRING Die Sonnenuhr oder praktische Anleitung, die Zeit zu bestimmen, Sonnenuhren verschiedener Art zu construiren (bis auf 1 Minute genau) u. s. w. Arnsberg 1864. 8.

*R. Sonndorfer Theorie und Construction der Sonnenuhren. Wien 1864. 8.
Avit's neue Sonnenuhren. Dingl. p. J. XXVIII. 326. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1828 p. 21 (in Form einer Glaskugel).
Abraham's Sonnenuhr. Dingl. p. J. XXXII. 453; *Bull. d. sc. techn.* XVIII. 240.
Neues Instrument zum Zeichnen der Sonnenuhren. Dingl. p. J. XXXV. 392.
Champion Sonnenuhr. *Brev. d'inv.* VI. 274.
Luzarche desgl. Ibid. VII. 17.
Tragbare Sonnenuhrkarte. Glasg. Mag. II. 161.
Henderson Sonnenuhr. *Mech. Mag.* XIV. 289.
Sonnenuhr in den Pyrenäenländern gebräuchlich. *Edinb. n. ph. J.* 1831. II. 281.
Laperelle Sonnenuhr. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1832 p. 79.
Saulcy Sonnenregulator. Dingl. p. J. LXXIX. 118*; *C. R.* 1840 Nr. 15. *Brev. d'inv.* LXIX p. 60 (zum Ablesen von mittlerer Zeit).
Kinkelin Minuten-Sonnenuhr. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1844 S. 31.
Delamare und Ladois tragbare Sonnenuhr. *Brev. d'inv.* LVII. 226.
Newton Verbesserung in der Construction der Sonnenuhren. Dingl. p. J. LXXVIII. 87* (um die mittlere statt der Sonnen-Zeit unmittelbar abzulesen); *Lond. J. C. S.* XVI. 352.
Beschreibung zweier Sonnenuhren, des Skiostats und der Fenestrole, erfunden von August, verfertigt von Boissier. Dingl. p. J. CXLIX. 12 (Vorrichtung zur genauen Aufstellung ohne eine Mittagslinie zu ziehen).
Schmeisser Beschreibung der hemisphärischen Sonnenuhr. Dingl. p. J. CLVI. 425* (ausgeführt von Mich. Meissner in Berlin).

Die Polaruhr von Wheatstone. Dingl. p. J. CXII. 418. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1849 p. 371.

Wasseruhren.

Th. Young l. c. II. 196* *clepsydra.*
Verschiedene Arten von Wasseruhren, beschrieben in Ath. Kircher's Ars magna lucis. ed. Amst. p. 695* ff.
Bernoulli *Mém. de Paris* I. 4.
Daguet *Machines et inv.* VI. 132.
Hamilton's *clepsydra. Phil. Trans.* 1746. XLIV. 171 (aus einer überlaufenden Cisterne gespeist).
Wasseruhr, *Clepsydra. Glasg. Mag.* I. 248. II. 82.
Partington's neue Wasseruhr. Dingl. p. J. XXX. 244.
Wasseruhr. Dingl. p. J. XXIV. 561.
Blanc Wasseruhr. *Bull. d. sc. techn.* VI. 315.
Guidicelli hydrostatische Uhr. *Brev. d'inv.* XLII. 331.
Die Wasseruhren von Tiffereau. Dingl. p. J. CXXI. 268*. *Mech. Mag.* LIV. 299; *Lond. J. C. S.* XXXVIII. 323.

Sanduhren.

Lahire *Mém. de Paris.* X. 472.
Prosper *Mach. et inv.* V, 23; *Mém. de Paris* 1727. *Hist.* 143.
Soumille's *sandglass of 30 hours. Mem. of the Soc. of enc.* I. 80.
Gould's *patent log glass. Rep.* (2.) III. 242.
Beschreibung einer Sanduhr mit Zeigern. *Mech. Mag.* III. 274.
Cook *Phil. Mag.* XII. 312 (Sand rinnt gleichmässig).
Hörbare Sanduhr. *Mech. Mag.* II. 225. 295; *Bull. d. sc. techn.* II. 342.
Tiffereau's Sanduhr. Dingl. p. J. CXVIII. 155*.
Neue Sanduhr. *Phil. Mag.* I. 20.
Peppe Quecksilberuhr (analog der Sanduhr). *Lond. J. C. S.* XXXVII. 168; *Rep. of pat. E. S.* XVI. 282; Centr. Bl. 1851 S. 15.
Uhren ohne Räder. *Mech. Mag.* III. 339. IV. 29. V. 52. 121. X. 82.

Alte Räderuhren; rotirende Körper; andere Methoden.

Ueber alte Uhren s. Berthoud's *Histoire de la mesure du temps*; Beckmann's Geschichte der Erfindungen; Littrow Art. Uhr in Gehl. n. ph. W. IX. 1112*.
Rotirende Körper s. unten §. 188 bei Geschwindigkeitsmessung.
Anderson *on the weawer's alarm. Phil. Trans.* 1745. XLIII. 555 (Abbrennen eines Fadens).
s. a. Art. Chronometer in *Encycl. Brit.*

§. 186. Pendeluhren.

a. Allgemeines.

Pendeluhren im weiteren Sinne sind sowohl unsere Gewichts-, wie Federuhren, insofern der die Bewegung regulirende Körper den Gesetzen der Pendelschwingungen folgt. Im engeren und gewöhnlichen Sinne sind die Pendeluhren diejenigen Uhren, welche durch Gewichte in Bewegung gesetzt und durch ein von der Erdanziehung bewegtes Pendel regulirt werden.

Der Hauptsache nach haben die Pendeluhren noch jetzt dieselbe Einrichtung, welche ihnen von dem Erfinder Huyghens um das Jahr 1658 gegeben wurde, wenn auch die einzelnen Theile der Uhr zweckmässige Verbesserungen erhalten haben.

Eine durch ein fallendes Gewicht in Drehung versetzte Walze, die ihrerseits mit einer Anzahl von Rädern so in Verbindung steht, dass diese von der Walze mitbewegt werden, würde zwar die Bewegung des Falles des Gewichtes im Verhältniss zum freien Falle verlangsamen, die Bewegung würde aber immer eine beschleunigte sein, weil die constante Kraft der Schwere die im ersten Augenblicke kleine Geschwindigkeit der Bewegung ununterbrochen vermehrt. Wird aber, nachdem die Bewegung eine kurze Zeit t gedauert hat, dieselbe gehemmt und, wenn das Räderwerk zur Ruhe gekommen ist, dem Zuge des Gewichtes wieder eine eben so lange Zeit t wie zuerst Spielraum gegeben, so ist zwar innerhalb des Zeitraumes t die Bewegung auch noch ungleichmässig und zwar beschleunigt, aber nach n solchen regelmässigen Unterbrechungen der Bewegung würde das Fallen des Gewichtes und die davon abhängige Drehung der Walze doch das $n$fache des Falles in der Zeit t betragen, d. h. man würde die Zeit nt in n gleiche Theile getheilt haben. Diese regelmässigen Unterbrechungen werden durch das Pendel bewirkt, dessen Schwingungen unter bestimmten Bedingungen jedesmal dieselbe Zeitdauer haben.

Ein für sich schwingendes Pendel könnte aber nicht zur dauernden Zeitmessung dienen, weil dasselbe nach einiger Zeit wegen der Reibung in seiner Drehungsaxe und des Widerstandes der Luft zur Ruhe kommen würde. Es muss daher dem Pendel der Verlust seiner Bewegung wieder ergänzt werden. Dies sowohl, wie die Herstellung der Unterbrechung des Räderwerkes, wird durch einen und denselben Zwischenapparat bewirkt, welcher die **Hemmung** (Echappement) genannt wird. Das fallende Gewicht ist daher in den Pendeluhren die Triebkraft für das Räderwerk und, durch Vermittelung der Hemmung, die Kraft zur Erhaltung der Pendelschwingungen; anderseits ist das Pendel, durch Vermittelung der Hemmung, der Regulator für die Fallgeschwindigkeit des Gewichtes.

Am einfachsten ist der Zusammenhang zwischen Gewicht, Hemmung und Pendel an dem Zählerwerke *Fig.* 73 (S. 616) ersichtlich. Ein im Punkte e befestigtes Pendel $efghi$, dessen oberer Theil ef aus einer elastischen Feder besteht, nimmt bei seinen Oscillationen nach rechts und links das gabelförmige Stück k mit, wodurch die Axe ab um denselben Schwingungswinkel nach rechts oder links gedreht wird. Mit ab steht der Winkelhaken cd in fester Verbin-

dung, die ganze Hemmung *kabcd* macht also die Oscillationen des Pendels mit. Die Haken bei *c* und *d* sind so gestellt, dass sie bei der äussersten Stellung des Pendels nach rechts, *c* vor einem Zahne des Sperrrades *l* liegt und *d* alsdann gleichzeitig in der Mitte über zwei Zähnen sich befindet, während bei der äussersten Stellung des Pendels nach links *d* vor einem Zahne liegt und *c* in der Mitte über zweien. Bei jeder Schwingung des Pendels von einer Seite zur andern wird daher das die Welle *m* des Rades *l* drehende Gewicht *n* das Rad nur um eine halbe Zahnbreite vorwärtsdrehen können, dann aber die Bewegung gehemmt sein. Sobald aber der so eben noch durch einen Haken *c* oder *d* gehemmte Zahn durch die Rückwärtsbewegung des Pendels frei wird, gleitet er auf der Fläche des Hakens entlang und drückt wegen des unablässigen Zuges des Gewichtes gegen denselben, wodurch dem Haken und mithin auch dem mit ihm verbundenen Pendel ein Bewegungsimpuls ertheilt wird. Da das Sperrrad bei jeder Hin- und Herschwingung des Pendels um eine ganze Zahnbreite gedreht wird, so dreht es sich einmal um die Axe, während das Pendel 2 Mal so viel einfache Schwingungen vollzogen hat, als das Rad Zähne trägt; also, wenn das Pendel ein Sekundenpendel ist und *l* 30 Zähne hat, erfolgt die Drehung des Rades in einer Minute und mit der Axe des Zahnrades *l* und der Welle *m* würde daher der Sekundenzeiger zu verbinden sein. Wie nun durch Hinzufügung mehrerer Räder die Bewegung eines Minuten- und Stundenzeigers erzielt werden kann, zeigt die *Fig.* 74. *AB* das Pendel, *CD* der Haken der Hemmung und dessen Eingreifen in das Sperrrad *E* ist wie bei dem beschriebenen Zählerwerke und trägt unter der Annahme, dass *AB* ein Sekundenpendel ist, die Axe von *E* deshalb den Sekundenzeiger *s*. Es ist alsdann die Axe von *E* ebenfalls verzahnt, indem sie bei *F* einen sogenannten Trieb, d. h. den verzahnten Umfang einer Welle bildet, mit welchem sie in das folgende Rad *G* eingreift, welches wieder einen Trieb an der Welle hat u. s. f. Die Zahl der Zähne an den Rädern und Trieben ist in der Zeichnung bemerkt und man sieht, dass *F* $7\frac{1}{2}$ Mal umgehen muss, bevor sich *G* einmal um die Axe gedreht hat, oder *G* dreht sich in $7\frac{1}{2}$ Minute einmal um die Axe, da *F* sich in einer Minute dreht, folglich weiter *I* in 8 Mal $7\frac{1}{2}$ Minute, d. h. in einer Stunde, und ist also an der verlängerten Axe von *I* der Minutenzeiger *m* zu befestigen. Die Axe des Minutenrades *I* trägt ferner das Rad *K*, welches in das Rad *L* eingreift, beide haben gleiche Zahl der Zähne und ein Trieb von *L* dreht das an einer Hülse lose über die Axe des Minutenrades ge-

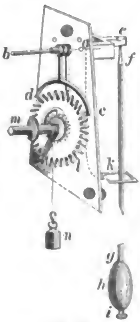


Fig. 73.

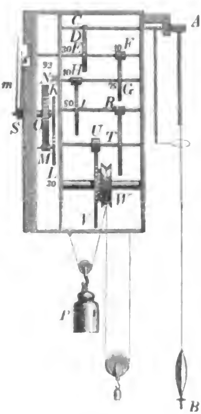


Fig. 74.

steckte Rad *N*, welches sich zwölfmal langsamer als das Minutenrad dreht, also den Stundenzeiger *S* trägt, welcher in 12 Stunden einmal den Kreisumfang durchläuft. Die Triebe und Räder *RTUV* sind nicht durchaus nothwendig, sondern das Gewicht *P* könnte schon an der Welle von *I* angebracht sein, sie dienen aber dazu, das Gewicht langsamer fallen, d. h. die Uhr länger gehend zu machen, wobei dann freilich das Gewicht wegen der vermehrten Widerstände schwerer gewählt werden muss.

Im Wesentlichen ist die Construction der Pendeluhren mit der beschriebenen übereinstimmend, es sind aber eine grosse Zahl von Abänderungen einzelner Theile in Anwendung gebracht worden, welche sämmtlich darauf hinausgehen, die vom Pendel bewirkte Unterbrechung der Bewegung für alle aufeinanderfolgenden Schwingungen möglichst gleichmässig zu machen.

Nun ist aber die Zeitdauer einer Pendelschwingung bei einem Pendel, dessen Punkte Kreisbögen durchlaufen, erstlich von der Grösse des durchlaufenen Bogens und zweitens von der Länge des Pendels abhängig. Wegen der ersteren Bedingung muss man das Pendel so einrichten, dass es immer gleich weite Schwingungen macht, und dies wird einerseits durch möglichste Verringerung der Widerstände in der Aufhängung und in den Angriffspunkten der Hemmung beim Sperrrade, andererseits dadurch bewirkt, dass der von dem Sperrrade ertheilte Impuls gerade die Bewegungshindernisse überwindet. Zur Erreichung dieser Zwecke sind demnach verschiedene Arten der Aufhängung des Pendels und Constructionen der Hemmung ausgeführt worden. Den Einfluss der Wärme zu beseitigen, wodurch die Länge des Pendels und somit auch die Schwingungsdauer desselben zu verschiedenen Zeiten ungleich sein würde, dient die Compensation. Ein nicht compensirtes Sekundenpendel weicht im täglichen Gange für jeden Grad Réaumur nahezu um 0,5 Sekunde ab, wenn die Pendelstange von Eisen ist, und nahezu 1 Sekunde bei messingener Pendelstange.

b. Uhrtheile. Suspension. Hemmung. Compensation.

Als Suspensionsvorrichtung hat man eine elastische Feder am vortheilhaftesten befunden, besser als eine prismatische Schneide, um welche sich das Pendel drehen würde. Dies wird aber nach Berthoud's Versuchen, welche bewiesen, dass ein loses Pendel auf einer Schneide länger schwingt, als in einer Feder, nicht wegen der geringeren Widerstände der Fall sein, sondern es ist zu vermuthen, dass das Pendel durch die Biegung der Feder eine für die gleiche Dauer der Schwingungen günstigere Form der Schwingungscurven (der cycloidischen sich nähernde) erhält.

Die mannigfaltigsten Abänderungen hat die Hemmung erhalten. Der oben beschriebene Haken ist erstlich verschieden geformt und gestellt worden, entweder so, dass das Sperrrad vom einfallenden Haken etwas zurückgeschoben wurde, *Fig. 75A* (S. 618) (rückfallende Hemmung, *recoiling scapement*, *échappement à recul*), oder dass die Zähne ohne Bewegung des Rades gehemmt wurden und beim Freiwerden an dem Haken entlang glitten *Fig. 75B* (ruhende Hemmung, *dead beat*, *éch. à repos*), und beide Arten der Hemmung sind noch jetzt sehr gebräuchlich. Bei diesen Hemmungen ist aber das Pendel während des grössten

Theiles seiner Schwingung vermittelst der Hemmung mit dem Sperrrade in Berührung und daher in seiner vollkommen freien Bewegung etwas gestört; man hat zur Vermeidung dieses Uebelstandes eine Hemmung ersonnen, bei welcher das Pendel in einem ganz kurzen Momente das Aufhalten des Sperrrades bewirkt und ebenso seinen Rückstoss von diesem empfängt, im Uebrigen aber unabhängig von dem Sperrrade seine Schwingung vollzieht; dies ist die sogenannte freie Hemmung (*detached sc., éch. libre*), welche in sehr verschiedener Form ausgeführt ist, z. B. wie *Fig. 75 C* zeigt, dadurch, dass das Pendel momentan einen Hebel hebt, wodurch das Sperrrad frei, aber durch das fallende Gewicht auf der anderen Seite sofort gehemmt wird.

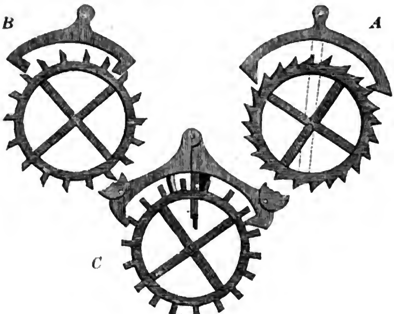


Fig. 75.

Die Compensation oder die Beseitigung des Einflusses der Wärme auf die Länge des Pendels wird gleichfalls in verschiedener Weise bewirkt. Entweder setzt man das Pendel aus zwei Substanzen zusammen, welche sich ungleich stark ausdehnen und ihre Ausdehnung nach entgegengesetzten Seiten bewirken, oder man benutzt die Formveränderung zweier aneinander gelötheter Metallstreifen, welche ungleich von der Wärme ausgedehnt werden, oder man lässt die sich ausdehnende Pendelstange auf einen Hebel wirken, um zur Ausgleichung der nach unten gerückten Masse des Pendels eine am Hebel befestigte Masse nach oben zu bewegen.

Die Zeichnungen *Fig. 76 A B C* zeigen einige Formen der ersteren Art der Compensation.

A ist ein Pendel mit Quecksilbercompensation; die eiserne Pendelstange trägt als schwere Masse ein cylindrisches mit Quecksilber gefülltes Gefäss (Graham, Repsold u. A.). *B* ist die äusserlich sehr ähnliche Compensation einer hölzernen Pendelstange durch einen Zinkcylinder (Kater, Baily). In beiden Fällen wird durch die Ausdehnung der Stange der Boden des Cylinders weiter abwärts geführt, dagegen dehnt sich das Quecksilber

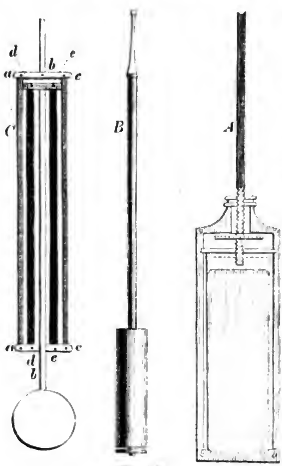


Fig. 76.

oder der Cylinder stärker aus, als die Stange, und die obere Fläche des Cylinders wird daher über die erste Lage hinaufbewegt und durch passende Wahl der Längen beider einander compensirenden Substanzen lässt es sich erreichen, dass bei diesen entgegengesetzt gerichteten Massenverschiebungen der Schwingungspunkt des Pendels an derselben Stelle bleibt.

Bei dem Rostpendel *C* wird dasselbe durch Zusammensetzung des Pendels aus zwei Metallen verschiedener Ausdehnung bewirkt, indem etwa *abc* drei Stäbe eines Metalles geringer Ausdehnung für die Wärme sind (Stahl), *de* zwei Stäbe eines sich stark ausdehnenden Metalles. Durch die Ausdehnung von *abc* wird die Masse des Pendels nach unten geführt, aber die stärkere Ausdehnung von *de* gleicht trotz geringerer Länge der Stäbe jene Ausdehnung wieder aus und führt die Pendelmasse in demselben Betrage nach oben (Harrison, Berthoud, Breguet u. v. A.)

Bei Pendeln ist die Compensation durch die bei der Wärmeänderung ihre Form verändernden Streifen (Compensationsstreifen) weniger gebräuchlich; zwei hierauf begründete Pendel zeigt *Fig.* 77 *A B*. Zwei zusammengelöthete ebene Metallstreifen krümmen sich bei der Erwärmung so, dass das sich stärker ausdehnende Metall die convexe Seite einnimmt, umgekehrt bildet bei der Abkühlung dies Metall die concave Seite. An dem Pendel kann nun ein solcher Compensationsstreifen senkrecht gegen die Pendelstange, das sich stärker ausdehnende Metall nach unten gerichtet, befestigt werden, wie *Fig.* 77 *A*; wird dann durch die Ausdehnung der Stange Masse nach unten geführt, so hebt dagegen der sich krümmende Compensationsstreifen Masse nach oben (Martin).

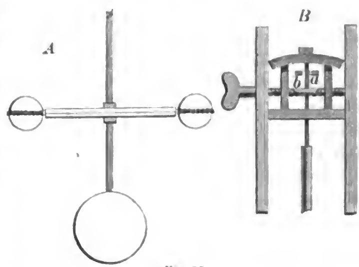


Fig. 77.

Es kann noch auf andere Weise durch den Compensationsstreifen derselbe Zweck erreicht werden, indem man die Feder des Pendels an einem solchen Streifen, dessen sich stärker ausdehnendes Metall nach oben gerichtet ist (*Fig.* 77 *B*), befestigt. Der Streifen ruht auf Stützen, deren Entfernung durch eine Schraube fein regulirt werden kann; der Aufhängungspunkt des Pendels wird durch den Schlitz *ab*, durch welchen die Feder hindurchgeht, bestimmt. Dehnt die Wärme das Pendel aus und führt Masse nach unten, so hebt dafür der sich nach oben krümmende Streifen dieselbe Masse nach oben (Nicholson).

Die Compensation durch Wirkung an einem Hebel ist in verschiedener Weise ausgeführt worden, aber jetzt ebenfalls nicht gebräuchlich. Diese Compensation kann z. B. so hergestellt werden, dass das Pendel am Ende eines Hebels befestigt wird, welcher auf einer sehr viel näher beim Drehpunkte des Hebels stehenden Säule ruht. Die Ausdehnung der Säule hebt das Pendel um ebensoviel, als dieses sich ausdehnt, und dadurch wird die Feder der Aufhängung

zwischen einem festen Schlitze, ähnlich wie bei NICHOLSON's Pendel, gehoben. Oder man kann das Pendel aus zwei verschiedenen Metallen zusammensetzen, durch deren relative Ausdehnung ein Hebelwerk in Bewegung gesetzt und die Linse des Pendels gehoben wird (ELLICOT).

c. Cycloidisches Pendel. Centrifugalpendel.

Die bisher genannten Pendeleinrichtungen, bei denen ein in einer Ebene und in Kreisbögen schwingendes Pendel verwendet wird, sind die gewöhnlichen.

Statt der Bewegung in Kreisbögen würde die Schwingung in Cycloiden vortheilhafter sein, da, wie schon HUYGHENS zeigte, die Schwingungszeit unabhängig von der Länge des durchlaufenen Bogens ist, wenn die Schwingungscurve eine Cycloide ist; es würde dann also nicht erforderlich sein, den Impuls für das Pendel stets von gleicher Stärke zu machen. Die von HUYGHENS construirte, später von BREGUET verbesserte Uhr mit cycloidischem Pendel ist indessen wegen der technischen Schwierigkeiten der Ausführung nicht in Gebrauch gekommen. Ein interessanter Versuch, die mechanischen Schwierigkeiten dieses Problemes dadurch zu lösen, dass man die Suspensionsfeder sich auf cylindrischen Backen abwickeln liess, wurde bei einer grossen Thurmuhr in Lemberg gemacht, über welche STAMPFER eine ausführliche Beschreibung gab.

Statt das Pendel in einer Ebene schwingen zu lassen, kann es durch einen seitlichen Anstoss in rotirende Bewegung versetzt werden, wobei die Pendelstange den Mantel eines Kegels beschreiben würde. Solche conische oder Centrifugalpendel haben eine Umdrehungszeit, welche doppelt so gross ist, als die Schwingungszeit eines gewöhnlichen Pendels von der Länge der Kegelhöhe des Centrifugalpendels. Es wird also ebenfalls nothwendig sein, dass der durch die Hemmung dem Centrifugalpendel ertheilte Impuls dasselbe in gleicher Entfernung von der Drehungsaxe erhält. Dies ist technisch viel schwieriger auszuführen, wie die Gleichheit des Impulses bei gewöhnlichen Pendeln, und werden deshalb die Centrifugalpendel mehr bei Uhren angewendet, die zu relativen Zeitbestimmungen, namentlich Messungen kleiner Zeiträume benutzt werden sollen (Tertienuhren), oder in solchen Fällen, wo durch die Uhr eine gleichförmige Bewegung eines anderen Apparates beabsichtigt wird, z. B. zum Führen eines Teleskopes bei astronomischen Beobachtungen. Zu diesen Zwecken sind die conischen Pendel sehr geeignet, weil bei der als gleichbleibend zu betrachtenden Schwunghöhe die Rotation des Pendels mit gleichförmiger Geschwindigkeit erfolgt.

d. Genauigkeit des Uhrganges.

Die Regelmässigkeit des Ganges der Pendeluhren, welche durch die besten Constructionen der Hemmung und Compensation von den Künstlern erreicht wurde, ist, wenn man die vielen störenden Ursachen bedenkt, ausserordentlich gross und kann bei guten astronomischen Uhren auf eine tägliche Abweichung von weniger als eine Sekunde mit Sicherheit gerechnet werden, d. h. etwa auf eine Genauigkeit von 1 : 100,000; bei den besten bekannten Instrumenten geht die Genauigkeit noch erheblich weiter, so soll eine GRAHAM'sche Uhr auf der Greenwicher Sternwarte nicht 0,2 Sekunden täglich abweichen. Ein absolut gleichmässiger

Gang wird sich aber auf die Dauer nie erreichen lassen, weil einige der Aenderung unterworfene Bewegungshindernisse nicht einmal ihrem Werthe nach bestimmt werden können. Das Oel, welches für die Verminderung der Friction in den Uhren erforderlich ist, verdickt sich mit der Zeit und ist von variabler Zähigkeit bei verschiedenen Temperaturen. Jedes Pendel führt ferner bei seinen Schwingungen eine gewisse Menge Luft mit sich fort, deren Volumen von der Form des Pendels abhängig ist (eine Kugel nach Bessel 0,8 ihres eigenen Volumens). Nun ändert sich aber die Masse desselben Luftvolumens bei verschiedener Temperatur und verschiedenem Barometerstande.

Für diese variablen Bewegungshindernisse kann eine absolut gleiche Schwingungsweite durch die Hemmung nicht hergestellt werden und sind vorzüglich hierauf die unbedeutenden Fehler des Ganges unserer sonst vorzüglichen Uhren zurückzuführen.

Geschichtliches und Literatur.

Kaum möchte ein anderer Zweig der Mechanik so zahlreiche Arbeiten aufzuweisen haben, wie die Uhrmacherkunst.

Von der Erfindung der Pendeluhren an, bis jetzt, sind fortwährend neue Vorschläge zu Veränderungen und Verbesserungen einzelner Theile der Uhren gemacht worden. Anfangs gingen die wichtigsten Fortschritte von England und Frankreich aus, wie die kurze Erwähnung der hauptsächlichsten Erfindungen an den Uhren beweist.

Die Engländer haben für feste Uhren, Stand- oder Wanduhren den Namen *clock*, für tragbare Uhren, Taschenuhren, Chronometer den Namen *watch*; bei letzteren, die im folgenden Paragraphen besprochen werden, ist die Benutzung des Pendels und der Gewichte ausgeschlossen; die ersteren sind gewöhnlich Pendel- und Gewichts-Uhren, obwohl auch ähnliche, aber im grossen Maassstabe ausgeführte Construction, wie an den tragbaren Uhren, bei jenen vorkommt.

Huyghens wird die Erfindung der Pendeluhren um d. J. 1658 zugeschrieben. Die Aufhängung des Pendels an einer Feder wird als Erfindung von Hook und von Clement um 1680 in Anspruch genommen. Denselben wird auch die Einführung der Ankerhemmung um dieselbe Zeit zugeschrieben. Die ruhende Hemmung erfand Graham um 1720, die freie Hemmung le Roy 1748, der gleichfalls eine andere, mehr bei Taschenuhren gebräuchliche Hemmung, die Kommahemmung (*éch. à virgule, comma scap.*), welche der *duplex* Hemmung ähnlich ist, angegeben hatte; die sehr gebräuchliche Stiften-Hemmung, welche als eine Modification des Graham'schen *dead beat* anzusehen ist, gab Lepaute an. Den Gedanken der Compensationseinrichtung fasste zuerst Graham 1715, der 1722 das erste Quecksilberpendel ausgeführt hat; dieses durch die Rostpendel verdrängte Pendel haben Repsold und Pecqueur um 1820 wieder in Aufnahme gebracht. Um 1720 hat Harrison das Rostpendel construirt, 1738 Ellicot ein Compensationspendel mit Hebelwerk, welches Mahler 1835 verbesserte.

Die nachfolgende Literaturübersicht, die ich bei diesem, für die Physik besonders wichtigen Theile der praktischen Mechanik nach den mir zugänglichen Quellen möglichst vollständig zusammengestellt habe, giebt über die mannigfaltigen Veränderungen der Constructionen Auskunft.

Th. Young l. c. II. 191 *. *timekeepers* (ältere Literatur).
Schubarth l. c. Pendel S. 661 *. Uhren S. 902 *.

a. Ueber Uhren im Allgemeinen (Pendel- und Feder-U.).

Dove l. c. Messen der Zeit S. 52 *.
Horner Art. Compensation in Gehl. n. ph. W. II. 197 *.
Muncke Art. Pendel ibid. VII. 382 *.
Littrow Art. Uhr ibid. IX. 1105 *.
Art. Horlogerie in der *Encyclop. méthod. Arts*. III.
Robinson Art. *Watchwork* in der *Enc. Brit.* Suppl. Art. *Clock* in der *Enc. Brit.*

Hugenii horologium oscillatorium. Paris 1673. Fol.
van Swinden Erfindung der Pendeluhren durch Huyghens. *Edinb. ph. J.* VI. 197. VII. 35.
Hooke's *centrifugal regulator*. Hooke's *Cutlerian lect.* Lampas 43.
Hooke *on timepieces*. *Nich. J.* IV. 237.

LAHIRE *Mém. de Par.* 1700 p. 161; *Hist.* 144. 1703 p. 285. *Hist.* 130.
LAHIRE (über Erfind. der Pendeluhren) *Mém. de Par.* 1717 p. 78.
DERHAM *The artificial clockmaker.* London 1714. 12.
SAURIN *Mém. de Par.* 1720 p. 208; *Hist.* 106.
KRATZENSTEIN Nov. Comm. Petrop. III. 381.
ALEXANDER's Abh. von den Uhren a. d. Engl. übers. von BERGER 1740.
THIOUT *Traité de l'horlogerie mécanique et pratique.* Paris 1741. 2 Vol. 4.
CUMMING *Elements of clock and watch work.* Edinb. 1766. 4. aus d. Engl. übers. von GEISSLER *: Elemente der praktischen Gross- und Klein-Uhrmacherkunst. Leipzig 1801. 8.
HATTON *on clock and watch work.* London 8.
HARRISON *on the mensuration of time.* London. 1767.
Id. *on clockwork and music.* London 1775. 8.
LEPAUTE *Traité d'horlogerie.* Paris 1767. 4.
BERTHOUD *Essai sur l'horlogerie.* Paris 1763. 2 Vol. 4.
Id. *Traité des horloges marines.* Paris 1773. 4.
Id. *Histoire de la mesure du temps par les horloges.* Paris. 1773. 2 Vol. 4.; ed II. Paris 1802.
Id. *Traité des montres à longitudes, contenant la construction, la description et tous les détails de main d'oeuvre de ces machines.* Paris 1792. 4. suite 1797; supplément 1807.
SCHULZE *Sur les orologes à pendule. Nouv. Mém. de l'ac. roy. de Berlin* 1780. S. 349 *. und 359 *.
CHABERT *Sur l'usage des horologes marines. Mém. de Paris.* 1783. p. 49 * (Beispiele des Nutzens von Seeuhren).
CHABERT *Extrait* .... Paris 1785. 4.
GEISSLER Lehrbegriff der Uhrmacherkunst. 5 Bde. Leipzig 1795.
HELFENZRIEDER Beiträge zur Verbesserung der Uhrmacherkunst. 2 Vol. 4. 1789. 1797.
WHIDBY *on marine timekeepers. Papers on nav. arch.* II. (3.) 54.
RITTERHOUSE *on timekeepers. Amer. Trans.* IV. 26.
E. WALKER on BARRAUD's *improved timekeepers. Nich.* VII. 203 * (Verwerfung der Axenlager aus Edelsteinen).
J. HALEY *Observations and experiments tending to ascertain the irregularities in chronometers. Nich.* VIII. 46 *.
POPPE Geschichte der Uhrmacherkunst. 1801.
Id. Die englische Uhrmacherkunst, oder deutliche Anweisung, dieselbe nach ihrem in England zur höchsten Vollkommenheit gebrachten Zustande auszuüben. Nach d. Engl. Pesth 1819 8.
Id. Die Uhren und die Uhrmacherkunst auf der höchsten Stufe der jetzigen Vervollkommnung.
J. M. STÖCKEL Praktische Lehre, oder Anweisung über den Uhrenbau in seinem ganzen Umfange. München 1820. 8.
STANSBURG *Directions for regulating, using and taking care of chronometers on shore and at sea.* New-York 1833. 8.
REID *Treatise on clock and watchwork.* Edinb. 1826.
PRONY *Note sur un nouveau moyen de régler la durée des oscillations des pendules.* Paris 4.
JÜRGENSEN *Mémoires sur l'horlogerie exacte.* Paris 1832. 4.; 2 éd. *Principes généraux de l'exacte mesure du temps par les horloges.* Copenhague 1805 *; Paris 1838. 4.; übers. von L. U. JÜRGENSEN Leipzig 1840. 4.
Specification of chronometers, thermometers, watches a. s. c. made by URBAN JÜRGENSEN & SONS. Copenhagen. 1837. 8.
U. JÜRGENSEN Die höhere Uhrmacherkunst. Regeln für die genaue Abmessung der Zeit durch Uhren, oder Anweisung zur Verfertigung astronomischer, nautischer und anderer genauer Uhren. Copenhagen 1842. 8. mit Atl. Fol.
CH. JÜRGENSEN *sur le mouvement du pendule simple.* Copenh. 1853. 8.
M. L. MOINET * *Nouveau traité général élémentaire pratique et théorique d'horlogerie pour les usages civils et astronomiques.* Paris. 2 Vol. gr. 8. (enth. zahlreiche Constructionen von Uhrwerken verschiedener Künstler).
VULLIAMY Einige Betrachtungen über Uhren, insbesondere Kirchenuhren. London 1837. 8.
BARFUSS Geschichte der Uhrmacherkunst. Bd. 90 des Neuen Schaupl. der Künste. Weimar 8.
SCHREIBER Handbuch der Uhrmacherkunst, mit Atlas. Bd. 171 dess. Werkes. 8.
Handbuch der Uhrmacherkunst. Nach den französischen Werken von JANVIER und MAGNIER deutsch bearbeitet. 2 Thle. Daraus P. J. KRÜGER Unterricht in der höheren Uhrmacherkunst. 1 Thl. 8.
Is. BROWN Die neuesten Erfindungen und Verbesserungen in der Uhrmacherkunst. 4 Hefte mit 36 Krtfln. 2. Aufl. 1863.
JÜRGEN MEYER Grundlehren der Uhrmacherkunst. Band 262 des Neuen Schaupl. der Künste und Handwerke. Weimar 1863. 8 *.

Produkte der französ. Uhrmacherei auf der Ausstellung von 1823. Dingl. p. J. XVII. 115.
Ueber Uhrmacherei. *Mech. Mag.* V. 27.
A. Poppe Ueber die Schwarzwälder Uhren-Industrie. Dingl. p. J. LXXV. 273*. 350*. 431* (um d. Jahr 1840 eine jährliche Production von über 500,000 Uhren).
Schade üb. die Fortschritte in der Uhrmacherkunst von 1800—1840. Dingl. p. J. LXXX. 64.
Uhren-Industrie in der Schweiz. Centr. Bl. 1850 S. 451.
Oesterreichischer Bericht über die internationale Ausstellung in London 1862. Wien 1863. 4. Jos. Ahrenstein Bericht über Klasse XV. Uhren. S. 422*.
Preuss. amtlicher Bericht üb. die Industrie-Ausstellung zu London. Berlin 1863. 8. Frick Bericht über Klasse XV. Zeitmessinstrumente und Uhren. Heft VI. S. 479*.

b. Beschreibung von Uhren (Pendel-) besonderer Construction.

Wheeler *on a rolling clock. Phil. Trans.* XIV. 647.
Lebon *Mém. de Paris 1714; Hist.* 128.
Sully *Mém. de Paris* 1724; *Hist.* 94; *Mach. et inv.* IV. 75.
Le Roy *Mém. de Paris* 1728; *Hist.* 110; *Mach. et inv.* V. 61 (Repetirwerk).
Id. *Mém. de Paris* 1752; *Hist.* 149; *Mach. et inv.* VII. 424 (Zwei Räder-Uhr).
Id. *Mém. de Paris* 1755; *Hist.* 140.
Collier *Mém. de Paris* 1728; *Hist.* 110; *Mach. et inv.* V. 75. 77 (Repetir-U.).
Dutertre *Mach. et inv.* V. 78 (mit doppeltem Pendel).
Outhier *Mach. et inv.* VI. 65 (mit Feder).
Larçay *Mém. de Par.* 1734; *Hist.* 106; *Mach. et inv.* VI. 191 (Repetir-U.).
Thiout *Mém. de Par.* 1737; *Hist.* 107; *Mach. et inv.* VII. 61 (Repetir-U.).
Gallonde *Mém. de Paris* 1740; *Hist.* 110; *Mach. et inv.* VII. 79 (wenige Räder).
Charmy *Mém. de Par.* 1754; *Hist.* 141.
Mesurier *Mém. de Par.* 1755; *Hist.* 141.
Ridreaut *Mém. de Par.* 1756; *Hist.* 131; *Mem.* 1758. *Hist.* 103.
Emerson *E.'s mechanics.* London 1794. 4. p. 302.
Mason *on the rate of* Ellicot's *clock. Phil. Trans.* 1762. p. 534.
Millot *Mém. de Par.* 1762; *Hist.* 189. 190 (halbe Sekunden-U.).
Franklin's *clock with three wheels and two pinions* in Ferguson's *Mechanics.* London 1799. 8.
Wollaston *On the rate of a clock of* Holmes. *Phil. Trans.* 1771. p. 559; 1773 p. 67; 1775 p. 290.
Robin *Mém. de Par.* 1778; *Hist.* 56.
Id. *On turret clocks. Journ. de phys.* XXXII. 45.
Magellan ibid. XVII. 283.
Hill's *repeating timepiece*, in *Bailey's Mag.* II. 63.
Day's *patent noctuary for a watchman. Nich. J.* V. 133*; *Rep. of pat.* (2.) III. 161.
Marquis of Exeter *on a timepiece for registering the attendance of a watchman. Nich. J.* V. 158*.
Imison *I.'s elements* 1803. I. pl. 5.
Prior's *simple striking part. Trans. of the soc. of enc.* XXI. 400; *Nich. J.* IX. 92.
Massey *clock with a striking part regulated by a pendulum. Trans. of the soc. of enc.* XXI. 402; *Nich. J.* VIII. 162; *Phil. Mag.* XVIII. 303.
Elliot's *simple repeater. Trans. of the soc. of enc.* XXII. 319; *Nich. J.* VII. 157* (an Pendel- und Feder-U. anzubringen).
Wagner Thurmuhren von Gusseisen. Dingl. p. J. XII. 42; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1821 p. 319. 1822. p. 46.
Breguet *regulateur à tourbillon. Ann. de l'ind.* V. 31; *Rep. of arts* (2.) XLIV. 112; Dingl. p. J. XIII. 81; *Glasg. Mag.* I. 30.
Stöcker Uhr, welche Zeit- und Barometerstand anzeigt. *Ann. de l'ind.* V. 106.
Fatton Astronomische Uhr. *Lond. J.* (1.) IV. 296.
Revillon grosse Uhren. *Ann. de l'ind.* VI. 215; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1828 p. 78. 171. Dingl. p. J. XXIX. 154; *Bull. d. sc. techn.* X. 326.
Raingo Pendeluhr mit beweglicher Kugel. *Ann. de l'ind.* X. 152. Dingl. p. J. XXX. 241; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1828 p. 115.
Cooper Achttageuhr mit drei Rädern. *Mech. Mag.* III. 31; *Glasg. Mag.* I. 67. 130. 370.
Harrison u. Dyar *Mech. Mag.* I. 382. 412.
Pendeluhr auf einer schiefen Ebene. *Ann. de l'ind.* XV. 269.
Beschreibung einer Uhr mit zwei Rädern. *Mech. Mag.* III. 319. IV. 439. V. 95.
Gutkäs Möglichst billige geprüfte astronomische Uhren. Gilb. Ann. LXXIV. 439.

Griebel Pendeluhr mit Nachtlampen. *Bull. d. sc. techn.* III. 40; *Brev. d'inv.* VII. 98; *Glasg. Mag.* IV. 131.
Congreve Bewegliche Kugeluhr. *Mech. Mag.* IV. 23; *Glasg. Mag.* III. 175; *Phil. Mag.* I. 83.
Carlini's Pendeluhr. Dingl. p. J. XIX. 74; *Giorn. di fis.* VIII. 338.
White neue Construction der Uhren mit Gewichten. Jahrb. d. pat. I. XI. 291*. *Brev. d'inv.* X. 62 (1812) (Bewegliches Federhaus u. Federwand u. Anwendung der Schraube).
Francoeur über die astronomische Uhr von Coeur. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1826 p. 55.
Deisenrieder's Thurmuhr. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1826 S. 570.
Uhr in der Londoner Bank. Dingl. p. J. XXIX. 78; *Mech. Mag.* IX. 224.
Roberts *pendule compensateur à demiseconde.* Dingl. p. J. XXXIV. 133; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1829 p. 50; *Bull. d. sc. techn.* XII. 241.
Jacquet's Uhr. *Brev. d'inv.* XI. 298.
Leroy Pendeluhr, die sich von selbst aufzieht. *Brev. d'inv.* XVII. 112.
Henderson Verbesserte Franklin'sche Uhr. Dingl. p. J. XLIII. 111; *Mech. Mag.* XVI. 113.
Gourdin's Uhr. Dingl. p. J. L. 426; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1833 p. 169.
Seger's Uhr. *Mech. Mag.* XIX. 381.
Ducret's u. Bouvet's Uhr. *Brev. d'inv.* XXX. 42.
Ducret's u. Regnier's Uhr. *Brev. d'inv.* XXX. 93.
Bréguet's Doppeluhren. *Mus. ind.* III. 78.
Allain's Pendeluhr. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1839 p. 11. 73.
Verité Pendeluhr *à échappement libre. Bull. de la Soc. d'encour.* 1839 p. 71.
Gille *pendule à échappement. Brev. d'inv.* XXXVI. 68.
Reymomd-Bertaut Uhr, die sich selbst aufzieht. *Brev. d'inv.* XXXIX. 421.
Villedieux's Uhr. *Brev. d'inv.* XLIII. 165.
de Boussard's Uhr. *Brev. d'inv.* XLIII. 321.
Callaud neues System der Pendeluhren. *Brev. d'inv.* XLIV. 148.
Jacot neues System der Regulation mit Centrifugalkraft. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1842 p. 204.
Lafont dreieckige Pendeluhrwerke. *Brev. d'inv.* XLVI. 90.
Conte Uhr mit unsichtbarer Bewegung des Pendels. *Brev. d'inv.* XLVI. 174.
Hipp sich selbst controllirende Uhr. Dingl. p. J. LXXXVIII. 258*. 441* (für Pendel- und für Feder-Uhren).
Schwilgué astronom. Uhr des Strassburger Münsters. Wien. pol. J. S. 897.
Bing *pendule mignonette. Brev. d'inv.* L. 288.
Caillard-Davies Uhr, die ein Jahr geht. *Brev. d'inv.* LIII. 11.
Jasson Pendeluhr aus Glas. *Brev. d'inv.* LIV. 73.
Fabreguettes Uhr mit fixen Sekunden. *Brev. d'inv.* LV. 223.
Berollas Balancier, welcher fixe Sekunden markirt. *Brev. d'inv.* LVII. 176.
Calmels Pendeluhr mit horizontalem Balancier. *Brev. d'inv.* LIX. 114.
Henle Polytopische Uhr. Dingl. p. J. CI. 343* (Idee zur einfachen Construction).
Charles u. Deruelle Gehwerk für Stutzuhren. *Brev. d'inv.* LXII. 59.
Fennings Methode, das Pendel getrennt von der Uhr aufzuhängen. *Mech. Mag.* XLVI. 397.
Jacquin Achttagenuhr. *Brev. d'inv.* LXIII. 46.
Foucault Centrifugalpendel. *Lond. J. C. S.* XXXI. 132; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1847 p. 430.
Breguet's Pendeluhr. *Brev. d'inv.* LXVIII. 522.
Eiffe Verbess. an Uhren. *Lond. J. C. S.* XXXIV. 239; Dingl. p. J. CXIII. 268* (Hemmung, Compensation u. s. w. für Pendel- und Feder-U.).
Lamblin Thurmuhr. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1851 p. 371.
Mannhard Thurmuhr. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1852. S. 300; Dingl. p. J. CXXVII. 310*.
Terzer Thurm- und Hausuhren. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1853 S. 79.
Becquerel Thermometrische Uhr. Centr. Bl. 1853 S. 443.
Verbesserungen an Uhren: Bayr. K. u. Gew. Bl. 1823 S. 67 (Thurm-U.).
Wynn *Mech. Mag.* V. 275 (Thurm-U.); Geist Handl. Ztg. 1826 S. 469 (desgl.).
Mannhard Bayr. K. u. Gew. Bl. 1826 S. 529 (desgl.); Robert Dingl. p. J. LIII. 429; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1834 p. 137 (Stutz-U.); Ettrick *Mech. Mag.* XXVIII. 4 (astron. U.); Stampfer Jahrb. d. pol. I. XX. 78* (Thurm- und Pendel-U.); Vulliamy *Mech. Mag.* XLII. 370. XLIII. 70 (Stations-U.); Cailleaux *Brev. d'inv.* LXV. 457 (Pendel-U.); Payne Centr. Bl. 1850 S. 409; *Lond. J. C. S.* XXXV. 160 (Pendel-U.); Schüller Dingl. p. J. CLXIII. 336* (das fallende Gewicht als Datumzeiger).

c. Ueber einzelne Uhrtheile.

1. Aufzug. Unterhaltung des Ganges der Uhr.

Lebon's Uhraufzug. *Mach. et inv.* III. 23.
Kratzenstein Horologii perpetuo mobilis descriptio. N. Comm. Petrop. II. 222* (1751).
Leplat's Uhraufzug durch einen Luftstrom. *Mém. de Par.* 1751; *Hist.* 171; *Mach. et inv.* VII. 401.
Emerson's Uhraufzug, Gewicht an Schnur ohne Ende in E.'s *Mechanics* 230.
Galloys's Uhraufzug. *Mém. de Par.* 1766; *Hist.* 159.
Mohr Methode, den Gang der Uhr zu verlängern. Dingl. p. J. LXXVIII. 23* (Durch Hinzufügung einer Trommel und Welle).
Massey Verbess. im Aufziehen der Uhren. *Mech. Mag.* XXXV. 398.
Herbert Ueb. d. Anwendbarkeit des Graphits statt Oel. Dingl. p. J. XXXIII. 307; *Gill techn. rep.* IV. 373; *Quart. J.* 1829. II. 401; *Mech. Mag.* XI. 409; *Bibl. univ. sc. et a.* XLI. 346.
Beaufoy Oel für Uhren. Dingl. p. J. VII. 189; *Lond. J.* (1.) IV. 108.
Oel für Uhrmacher *Mech. Mag.* II. 286. 302.
Allier's Uhren. Dingl. p. J. LXVI. 156*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1837. p. 314. 388; *Brev. d'inv.* LXIII. 114 (Gangdauer bis zu einem Jahre). Elektricität und Magnetismus als den Gang unterhaltende Kraft.
Barwise u. Bain Uhren durch Elektricität bewegt. *Mech. Mag.* XXXV. 139.
Steinheil Elektromagnetische Uhr. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1843. S. 128; Wien. pol. J. 1843. S. 321.
Galvanische Uhr. *Mech. Mag.* XL. 325.
Fardely Elektrische Uhren. Dingl. p. J. CII. 24*; Mannh. Gew. Bl. 1846 Nr. 9 und 16.
Weare Uhren, wobei elektromagnetische Ströme benutzt werden. Dingl. p. J. CVIII. 256*; *Rep. of pat.* E. S. XI. 129 (Für Feder-U. und Pendel-U.).
Garnier Elektrische Uhren. Dingl. p. J. CX. 177*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1848. p. 311 (Zeittelegraphie, oder Uebertragung der Zeit von einer Normaluhr).
Gloesener Magnetische Uhren. Dingl. p. J. CIX. 277*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1848. p. 317 (Zeittelegraphie).
Appold Verbesserung an elektr. Uhren. *Mech. Mag.* L. 209.
Dering Elektrische Uhr. *Mech. Mag.* L. 488.
Shepherd Elektromagnetische Uhr. *Civ. eng.* 1851. p. 202. 1852. p. 183.
Bain Dingl. p. J. CXXIX. 206*; Centr. Bl. 1853. S. 1476. *Rep. of p. E. S.* XXI. 137.
Dub Die Anwendung des Elektromagnetismus. Berlin 1863. S. 538* ff. (wo d. Uhren von Liais, Kramer u. A. erwähnt und beschrieben sind).
M. H. Jacobi die galvanische Pendeluhr. *Bull. de St. Pét.* XV. 25*; Dingl. p. J. CXLIV. 252* (1856).

2. Räderwerk.

Ridley's *sector and deepening tool. Trans. of the soc. of enc.* VI. 188. 196.
Hardy über epicycloidische Zähne an Uhrrädern. *Gill techn. rep.* V. 257.
David; Pecqueur; Perrelet Mittel, um zwei gezahnten Rädern jede beliebige verhältnissmässige Geschwindigkeit zu geben. Jahrb. d. pol. Inst. VII. 241* (1825). *Bull. de la Soc. d'encour.* 1823.
Castille Beschreibung einer Verbesserung an dem Räderschneidezeuge. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1824. p. 163.
Altmütter Vorrichtung zur Verfertigung hohler oder Laternegetriebe. Jahrb. d. pol. I. VIII. 53* (1826).
Duchemin Stählerne Steigräder. Dingl. p. J. XXVI. 16; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1827. p. 207; *Bull. d. sc.* t. IX. 69.
Bakewell üb. Fabrikation von Rädern, Trieben aus Glas. Dingl. p. J. XLI. 466; *Lond. J.* (2.) VII. 289; *Franklin J. n. s.* VI. 385.
Ueb. die Form der Zähne. *Mech. Mag.* LVI. 372. 407.
Schade Normaluhr mit helikoidischer Verzahnung. Dingl. p. J. C. 90*.

3. Hemmung.

Sully *Mach. et inv.* III. 95 (H. ohne Reibung).
Le Roy u. Sully *Mach. et inv.* VI. 83.
Le Roy *Mém. de Par.* 1748; *Hist.* 120 (ruhende H.).
Galonde *Mém. de Par.* 1742; *Hist.* 165; *Mach. et inv.* VII. 159 (H. mit Walzen).
Soumille *Mach. et inv.* VII. 324 (Kurbel-H.).
Caron *Mém. de Par.* 1754; *Hist.* 139 (ruhende H.).

LGARANGE *Réflections sur l'échappement. Nouv. mém. de l'ac. roy. de Berlin.* 1777. S. 173*.
MAGELLAN *Description d'un échappement libre pour des petites pendules. Journ. de Ph.* XX. 376* (1782).
GOODRICH's *crank escapement. Trans. of the soc. of enc.* XVII. 333.
BRANDT Verbesserte Sperrhaken für Uhrenpendel. Dingl. p. J. VIII. 154; *Gill techn. rep.* I. 256; *Rep. of arts* (2.) XLII. 153.
BRANDT Federkrücke für Pendeluhren. Dingl. p. J. X. 222.
VULLIAMY Verbesserte todte Hemmung. Dingl. p. J. XI. 32; *Rep. of arts* (2.) XLII. 291; *Quat. J.* XVI. 1.
J. GEIST freies Stosswerk (Hemmung) für Pendel- u. Feder-U. Jahrb. d. polyt. Inst. II 461* (1820).
WHITELAW *Edinb. phil. J.* VIII. 27; Mag. d. n. E. N. F. II. H. 7. S. 19.
AITKIN Beschreibung eines neuen *remontoire escapement.* Dingl. p. J. XIX. 492; *Rep. of pat.* (1.) I. 390.
MATTHIEU Einrichtung zur leichten Regulirung des Echappements. Dingl. p. J. XXVI. 465; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1827. p. 283.
AINGER über Echappements. *Quat. J.* 1828. I. 418.
PONS Echappement und andere Einrichtungen an Pendeluhren. *Brev. d'inv.* XIX. 13; *Bull de la Soc. d'encour.* 1829. p. 419.
Id. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1838. p. 391.
BREGUET über PONS' *mouvements. Bull. de la Soc. d'encour.* 1824. p. 166.
HARRISON Echappement und Windfang für Thurmuhren. Dingl. p. J. XLIV. 49; Web. Zbl. V. 471; *Mech. Mag.* XV. 449. 473.
PETITPIERRE Echappement für Pendeluhren. *Brev. d'inv.* XX. 37.
BEROLLAS Neues System von Balanziers für Pendeluhren. *Brev. d'inv.* XXII. 202.
PERRON Verbesserte Echappements, Compensationspendel u. s. w. Dingl. p. J. LI. 24; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1833. p. 249.
WITHERSPOON *detached pendulum escapement. Edinb. n. ph. J.* XX. 303; Dingl. p. J. LXII. 284* (Hebelauslösung mittelst einer Feder).
CACHEUX u. BERTHET *Brev. d'inv.* XXV. 22.
RAINGO Echappement. *Brev. d'inv.* XXVI. 268.
GARNIER *échappement à repos* für Pendeluhren. *Brev. d'inv.* XXIX. 386.
WINNERL Veränderung der Ankerhemmung für Pendeluhren. Dingl. p. J. LXXXVIII. 254*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1843. p. 41.
COLE Echappement und selbstregulirendes Pendel. *Trans. of the techn. soc.* LII. 50
MACDOWALL verbess. Echappement. Dingl. p. J. LXXIV. 264*; *Lond. J. C. S.* XIV. 361 (Verminderung der Zahl der Impulse; für Pendel- und für Feder-U.).
BEROLLAS kreisförmiges Echappement. *Brev. d'inv.* XLII. 422.
HUNT Hessl. Jahrb. 1843. S. 325. 501; *Mech. Mag.* XXXVIII. 280. 371.
BOUSSARD u. VIEL *Brev. d'inv.* XLIX. 274.
MOHR freie H. für Pendeluhren. Dingl. p. J. XCI. 349* (am unteren Ende des Pendels, Hebelauslösung).
VERITÉ *Brev. d'inv.* LVI. 255.
MERLE Haken für Pendeluhren. *Brev. d'inv.* LVIII. 186.
BROCOT *Brev. d'inv.* LX. 46.
MOUSQUET *Brev. d'inv.* LXI. 397.
MÖNK *Lond. J. C. S.* XXXII. 182; *Rep. of pat. E. S.* XI. 159.
DELOR *éch. de roue de rencontre. Brev. d'inv.* LXVI. 156.
CÉSAR *Brev. d'inv.* LXVI. 460.
JACOT *Brev. d'inv.* LXVIII. 196.
NEUBURGER *Brev. d'inv.* LXXI. 171.
FULTON *remontoire éch. Sillim. J.* (2.) XI. 406.
HALL ruhende H. Centr. Bl. 1852. S. 337.
VULLIAMY Stiftengang mit beweglichem Auffalle. Dingl. p. J. CXXVIII. 118*; Centr. Bl 1853. S. 788; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1853. p. 52. 54.
DENISON *Mech. Mag.* LIX. 84; *Phil. Mag.* (4.) V. 467.

4. Pendel.

LAHIRE *Mém. de Par.* 1715. p. 130.
DERHAM *experiments on pendulums. Phil Trans.* 1736. XXXIX. 201.
RIVAZ *Mém. de Par.* 1749. *Hist.* 182 (kleine Schwingungsbögen).
GRENIER *Balancier de pendule à secondes, d'une nouvelle construction. Journ. de ph.* XVI. 139* (1780).

Magellan *Sur la préférence des grands arcs de vibration pour la régularité des pendules astronomiques. Journ. de ph.* XX. 376 *.
Crossthwaite *Irish Trans.* 1788. II. 7; *Repert.* III. 254.
Leslie's *patent short pendulum. Repert.* II. 91.
Benzenberg Centrifugalpendel. Gilb. Ann. XVI. 494 *. Voigt's Mag. II. 182 (das Pfaffius'sche Pendel).
Pouillet *Corresp. s. l'école polyt.* III. 27 (üb. d. konische Pendel).
E. Walker *On the effect of the arc of vibration of a pendulum. Nichols. J.* 8. II. 76 *. 273 *. III. 35 *.
Hardy Beschreibung eines aufwärts gekehrten Federpendels. Gilb. Ann. LXXV. 389 *; Mag. d. n. E. N. F. II. Hft. 8. S. 26.
Sang üb. die Vortheile eines grösseren Schwingungsbogens für Uhrpendel. Dingl. p. J. L. 244; *Edinb. n. phil. J.* XV. 137.
Robert neue Methode, das Pendel aufzuhängen. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1834. p. 148.
Noriet Vorricht. an Pendeln, vermöge welcher sie sich ausser Eingriff setzen. *Brev. d'inv.* XXIV. 289.
Deschamps Aufhängung des Pendels. *Brev. d'inv.* LXV. 472.
Beschreibung eines sich selbst regulirenden Pendels. *Mech. Mag.* III. 329. 439.
Praktische Regeln zur Berechnung der Pendellängen. *Mech. Mag.* IV. 188.
Janvier neues Pendel. *Bull. d. sc. tech.* VII. 14; *Ann. mar.* 1826. II. 2. p. 135.
Witty's Thermometerpendel. Dingl. p. J. LII. 168; *Mech. Mag.* XX. 347.
Pons Verbessertes Pendel. *Bull. de la Soc. d'encour.* 1838. p. 10. 285.
Frodsham zusammengesetztes Pendel. *Sillim. J.* (1.) XXXVII. 278; *Mech. Mag.* XXXII. 29.
Holtzmann Apparat zur Nachweisung der Abhängigkeit der Pendelschwingungen von der bewegenden Kraft. Pogg. Ann. LVIII. 133 * (1843).
Franchot *Pendule à mouvement continu. C. R.* XXXII. 768 * (1851).
Mohr Verbesserungen an Regulatoren. Dingl. p. J. LXXXI. 38 * (1841) (Pendel mit sehr kleinen Schwingungsbogen und Auslösung am unteren Ende).

5. Zeiger und Zifferblätter. Beleuchtung der Uhren. Schlag- und Repetirwerk. Controlluhren (diese Mechanismen sind vielfach für Pendel- und für Federuhren in gleicher Weise anwendbar).

Molard *Mach. et inv.* II. 159 (Zeiger in der Entfernung zu bewegen).
Fouchy *Mém. de Paris* 1740. 122 (Kleine Uhren für grosse Glocken).
Dupont *Mém. de Paris* 1755. *Hist.* 138 (emaillirte Zifferblätter).
E. Massey *description of a striking part of a clock. Nich. J.* VIII. 162 *. *Phil. Mag.* XVIII. 305 (Schlagwerk durch Pendel statt durch Windflügel regulirt).
Ridrot *Mém. de Paris* 1758. *Hist.* 103 (Schlagwerk).
Courtois *Mém. de Paris* 1769. *Hist.* 129 (Glockenspiel).
Laresche *Ann. de l'ind.* IV. 322. Dingl. p. J. XII. 43; Bayr. K. u. Gew. Bl. 1825. S. 323 (Repet.- u. Wecker-U.).
Payen u. Chevallier *Ann. de l'ind.* VII. 317; *Bull. d. sc.* t. I. 278 (erleucht. Zifferbl.).
Griebel Dingl. p. J. XI. 256; *Rep. of arts* (2.) XLIII. 54 (desgl.).
Wynn Dingl. p. J. XIII. 425; *Rep. of arts* (2.) XLIV. 79; *Ann. de l'ind.* XII. 214; *Bull. d. sc.* t. I. 302; *Mech. Mag.* II. 258 (Schlagwerk).
Gossage Dingl. p. J. XIV. 411; *Lond. J.* (1.) VII. 285 (tragbarer Wecker).
Strutt *Ann. de l'ind.* XV. 73 (Wächteruhr).
Zifferbl. Beleuchtung. *Phil. Mag.* I. 18. *Mech. Mag.* IV. 406. VI. 533. VII. 260. IX. 44; Bayr. K. u. Gew. Bl. 1826. S. 314; Dingl. p. J. XXIV. 466. *Lond. J.* (1.) XIV. 379; Jahrb. d. pol. Inst. XIII. 317 *; *Rec. ind.* XII. 268. Schlagwerk. *Ann. de l'ind.* XVII. 214; *Bull. d. sc.* t. V. 38. *l'Inst.* I. 360; *Brev. d'inv.* XIII. 141.
Berollas Dingl. p. J. XXVI. 95; *Lond. J.* (2.) II. 84; *Rep. of pat.* (1.) V. 67 (Wecker).
Laresche Dingl. p. J. XXVI. 340; *Brev. d'inv.* XIII. 43. 46; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1827. p. 211 (Wecker).
Knight Dingl. p. J. XXXII. 85; *Lond. J.* (2.) VI. 84; *Bull. d. sc. techn.* XII. 246 (Wächteruhr).
Paine *Trans. of the techn. soc.* 1827. p. 139 (Beleuchtung).
Noriet *Bull. de la Soc. d'encour.* 1828. p. 290. 1829. p. 295; *Bull. d. sc. tech.* XI. 246 (Zeigerbewegung in der Entfernung).
Oechsle Dingl. p. J. XXXI. 95 (Wecker).
Wecker. Dingl. p. J. XXXIV. 133; *Mech. Mag.* XI. 342.
Drury Dingl. p. J. XLIV. 354; *Mech. Mag.* XVI. 291 (Schlagwerk).
Robert Dingl. p. J. XLVIII. 61. LI. 19; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1832. p. 401. 1833. p. 289 (Wecker).

Schwilgué Dingl. p. J. LVIII. 124*; *Bull. de la Soc. d'encour.* p. 149 (Monats- und Tages-Zeiger).
Revillon *Brev. d'inv.* XXI. 311; XXIV. 308 (Schlagwerk).
Brocot *Brev. d'inv.* XXI. 345 (Schlagwerk).
Pearson *Mech. Mag.* XXI. 284 (Wecker).
Patterson *Trans. of techn. Soc.* LII. 38 (Repetirwerk).
Pace *Lond. J. C. S.* XVII. 275 (Nachtuhr).
Le Roy Dingl. p. J. LXXX. 423*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1841. p. 33 (Aufzug des Gehwerkes durch das Schlagwerk. *Système de secondes montres;* bei *pendules*).
Houdin Dingl. p. J. LXXXI. 419*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1841. p. 285 (Schlagwerk).
Dollfus-Ausset Wien. p. J. 1843. S. 19. *Bull. de Mulh.* XVI. 88 (Wächteruhr).
Gintl Hessl. Jahrb. 1843. S. 98 (Controlluhr).
Labé. *Brev. d'inv.* XLVII. 169 (Schlagwerk).
Wagner. ibid. 359 (Schlagwerk).
Hughe *Mech. Mag.* XL. 326 (Beleuchtung).
Brae *Trans. of the techn. soc.* LV. 21 (Schlagwerk).
Malo. *Brev. d'inv.* LIV. 1 (System öffentl. Uhren).
Robert-Houdin. *Brev. d'inv.* LVI. 172 (Schlagwerk).
Girod ibid. LVIII. 344 (Schlagwerk).
Chatelin ibid. LIX. 112 (Zifferbl. als Kugel).
Gillet Dingl. p. J. CIV. 328* (Lärmwecker).
Chiquet u. Tavernier *Brev. d'inv.* LXII. 61 (Zifferbl. aus Perlmutter).
Lepontois ibid. 128 (Schlagwerk).
Theodor Gewerbztg. 1847. S. 155 (Wächteruhr).
Lisst Dingl. p. J. CV. 324* (Wächteruhr) u. Lutz ibid. 326* (Controlluhr).
Carbonnier *Brev. d'inv.* LXIV. 240 (Wecker).
Caron ibid. 85 (Controlluhr).
Dorey Dingl. p. J. CXVI. 52*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1849. p. 536 (Beleuchtung).
Aréra *Brev. d'inv.* LXX. 162 (Wächteruhr).
Schweitzer Dingl. p. J. CXVIII. 347* (desgl.).
Minton u. Hoffstädt *Mech. Mag.* LV. 258; *Lond. J. C. S.* XL. 109 (Zifferbl.).
Blaylock Dingl. p. J. CXXI. 417*. CXXII. 103*; Centr. Bl. 1852. S. 3 (Beleuchtung).
Hierher gehören ferner die durch Elektricität bewirkte Uebereinstimmung der Uhren, oder die Herstellung von öffentl. Uhrsystemen, worüber nachzusehen: Dub Anwend. des Elektromagnetismus. Berlin 1863. S. 523* Zeittelegraphie, woselbst die Systeme von Steinheil, Bain, Wheatstone u. v. A beschrieben werden, s. a. oben sub c. 1. elektr. Uhren.

6. Störungen der Pendelschwingungen und Correctionen dafür. Aufstellung der Uhren. Mittheilung der Schwingungen (Sympathie).

Picard *Mém. de Par.* I. 73 (Uhren gehen schneller im Sommer).
Lahire ibid. 1703. 285. *Hist.* 130 (Unregelmässigkeiten im Gange).
Derham *on pendulums in a vacuum. Phil. Trans.* 1704. XXIV. 1785 (ein Halb-Secunden-P. verlor im Vacuum bei gleicher Schwingungsweite 2″ gegen 6″ in der Luft).
Lambert *Berl. Ephem.* 1776 (Widerst. d. Luft).
E. Walker *experimental proof, that corrections deduced from the arcs of vibration of a pendulum in vacuo, are practically useful. Nich. J.* III. 35 (1802).
U. Jürgensen *Influence de l'air sur la marche d'un pendule.* Copenh. 1828. 4.
Williamson's *general correction. Phil. Trans.* 1719. XXX. 1080 (*equated clock*).
Laresche Dingl. p. J. XXV. 89; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1827. p. 8 (*pendules à équation*).
Instructions for the use of pendulum watches at sea. Phil. Trans. 1669. IV. 937.
Massey *Mém. de Par.* I. (2.) (Gebrauch von Uhren auf See).
Biesta *Mém. de Par.* 1770. *Hist.* 114 (Aufstellung der Uhren).
Robert Dingl. p. J. LII. 13; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1833. p. 269 (luftdichter Verschluss der Uhren).
Hayne *Coll. Acad.* I. 252 (Zusammenstimmen zweier Uhren).
Ellicot *on the mutual influence of two clocks. Phil. Trans.* 1739. 126.
Anwendung von der Mittheil. der Schwingungen in Breguet's Uhr mit zwei Pendeln s. o. sub a.
Whynn *Mech. Mag.* VII. 202. 213. X. 365. 371. 405. 443. XI. 35. 117 (Variationen im Gange der Thurmuhren).
Harrison *Mech. Mag.* X. 2. 38. 298. 313. 323. 341. XI. 262. 323. 339. 376. 393. 396. 443. XII. 78 (Bemerkungen über Whynn).
Squire *Phil. Mag. a. J.* LXV. 38; *Mech. Mag.* V. 123 (Einfluss der Feuchtigkeit auf die Pendelschwingungen).

7. Compensation.

Graham *Phil. Trans.* 1726. XXXIV. 40 (Quecksilber-C.) *Phil. Trans. abr.* VI. (1.) 277.
Faggot Abh. d. schwed. Akad. a. d. J. 1740, übers. von Kästner II. 211 * [erste (?) Hebel-C. durch Hebung der Aufhängefeder].
Cassini *Mém. de Paris* 1741. 363; *Hist.* 147 (Hebel-C.).
Ellicot *Phil. Trans.* 1751. XLVII. 479 (Hebel-C.).
Short *history of compensation pieces. Phil. Trans.* 1751. 517.
Guinette *Mém. de Par.* 1760. *Hist.* 155.
Le Roy *Mém. de Par.* 1769. *Hist.* 131 (Eisen- und Messing-C.).
Deparcieux (Eisen- und Messing-C. s. Gehl. n. ph. W. VII. 390*).
Bernoulli Acta Petr. 1777. II. p. 109.
Grenier *sur un balancier de pendule à secondes. Journ. de phys.* XXIX. 114* (1786) (Stahl-Kupfer).
Crosstwaite *Ir. Trans.* 1788. II. 7; *Repert.* III. 254.
Fordyce *Phil. Trans.* 1794. 2 (Verschiebung des Aufhängepunktes).
Pine *Repert.* III. 15 (desgl.).
Rittenhouse *Amer. Trans.* IV. 26; *Nichols.* III. 523; *Repert.* XIV. 322; *Phil. Mag.* IX. 298.
Troughton *Description of a tubular pendulum. Nich. J.* IX. 225* (Eisen- u. Messing-C. in Röhrenform), Bode astr. Jahrb. 1808. S. 249 und Schnitter ibid. 1810. S. 184 (über Troughton's C.).
Döhler Beschreibung einer erprobten C. für Pendeluhren. Gilb. Ann. VII. 318 (Eisen- und Messing-C.).
Benzenberg Gilb. Ann. XIV. 315; *Nichols.* VII. 300* Voigt's Mag. IV. 787 (Eisen u. Blei, Rost-C.).
Perron *Ann. de l'ind.* IV. 194.
Lee Fearn *Frankl. J.* (1.) 122.
Duchemin. Gille. Dingl. p. J. XLIX. 1. LI. 31; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1833. p. 29. 255.
Herapath *Phil. Mag. a. J.* LXV. 374; *Rep. of p.* (1.) I. 105 (Rost-C.).
Berlinger Bemerkungen üb. C. Jahrb. d. pol. Inst. VI. 14* (Hebelwerk) (1825).
Zechini-Leonelli ibid. 53* (Eisen und Zink in Röhrenform; nebst Nachtrag von Karmarsch über eine eigenthümliche englische Zink-C.).
Carlini *Quat. J.* XXI. 376; *Giorn. di fis.* VIII. 338.
Kater *Nich. J.* 1808; *Cabinet Cyclop. Mechanics.* 310 sequ. (Holz- und Zink-C.).
Kater *Mech. Mag.* IV. 285.
Galbraith *adjustable compensation pendulum. Glasg. Mag.* V. 427.
Reid *Trans. of the techn. soc.* XLV. 150; *Ann. de Chim.* CXXXV. 183 (Eisen- und Zinkcylinder).
Brown *Mech. Mag.* X. 250 (Teak-Holz).
H. Ward (Eisen und Zink) s. Gehl. n. ph. W. VII. 391.
J. Smeaton (Glas und Zink) s. Gehl. n. ph. W. VII. 392*.
Fr. Baily *Phil. Mag.* LXV. 40. Pogg. Ann. XIV. 427* (Berechnung für C.).
M. Beaufoy *Ann. of phil.* XV. 176; *n. Ann.* I. 203. III. 406; *Edinb. phil. J.* Nr. VIII. 355 (Holz-C.).
E. Walker *Phil. Mag.* 1809 (Ungenauigkeit der Holz-P.).
Freycinet *Voyage autour du monde. obs. du pendule.* Paris 1826. 4. (Ungenauigk. der Holz-P.).
Mason *Mech. Mag.* X. 439; *Bull. d. sc. techn.* XII. 365.
Robert *Bull. de la Soc. d'encour.* 1829. p. 50. 468; *Bull. d. sc. techn.* XII. 241.
Forman Pendel, welches durch keine Temperatur affizirt wird. Dingl. p. J. LV. 331*; *Mech. Mag.* XXII. 25 (Hebel-C.).
Hurley *Mech. Mag.* XXII. 169.
Mahler Bayr. K. u. Gew. Bl. 1835. S. 609 (Hebel-C.).
Wiesniewsky *Bull. de la Soc. d'encour.* 1832. p. 32.
Dent *Mech. Mag.* XXIX. 413 (Quecksilber-C.).
Jones *Sillim. J.* (1.) XXXVIII. 274.
Minasowicz Hessl. Mitth. 1844. S. 130.
Egger Hessl. Jahrb. 1844. S. 699.
Bryson Methode, Bayly's Kompensationspendel gegen hygroskopische Einflüsse zu schützen. Dingl. p. J. XCVI. 342*; *Edinb. n. ph. J.* XXXVIII. 220 (Holz- u. Blei-C.; der Holzstab in der Hitze getrocknet u. mit Firniss getränkt).
Bourdin Dingl. p. J. CXVII. 335*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1850. p. 193 (Glas, Stahl, Platin — Zink-C. und Apparat zur Prüfung der ausgeführten C.).
Lowe *Proc. of Manch. Soc.* 1859. p. 218 (Stahl und Zink in Röhrenform).

§. 187. Federuhren.

a. Allgemeines.

Statt eines fallenden und in regelmässigen Intervallen im Fall gehinderten Gewichtes wird bei der zweiten Hauptklasse der Uhren als Triebkraft zur Herstellung einer andauernden Bewegung eine elastische Feder benutzt, welche aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht (durch das Aufziehen der Uhr), in dieselbe wieder zurückzukehren strebt und dadurch gewisse, mit ihr verbundene drehbare Systeme (die Schnecke und das Räderwerk) in Bewegung versetzt. Ein fallendes Gewicht würde ohne Hemmung eine gleichförmig beschleunigte Bewegung hervorrufen, weil die Grösse der wirksamen Kraft, nämlich die Schwere des Gewichtes in jedem Augenblicke dieselbe ist. Eine elastische Feder dagegen kann nur eine ungleichförmig beschleunigte Bewegung erzeugen; die am meisten aus dem Gleichgewichte gebrachte Feder übt den stärksten Zug aus, welcher sich allmälig immer mehr vermindert, je mehr die Feder sich ihrem natürlichen Gleichgewichtszustande nähert. Es kommt also bei den Federuhren eine neue Bedingung hinzu, die erfüllt werden muss, um diesen Werkzeugen einen gleichmässigen Gang zu geben; nicht nur wird, wie bei den Pendeluhren, die Bewegung in regelmässigen Zwischenräumen durch die Hemmung unterbrochen werden müssen, sondern es ist auch dafür zu sorgen, dass trotz der sich vermindernden Triebkraft die von dieser unterhaltene Bewegung des die Intervalle der Hemmung regulirenden oscillirenden Uhrentheiles (die Unruhe) dieselbe bleibt. Dies geschieht durch einen den Federuhren eigenthümlichen Zwischenapparat, die sogenannte Schnecke, oder bei einigen Uhren durch eine besondere Construction der Triebfeder, oder besser durch besondere Einrichtung der Hemmung (H. mit constanter Kraft, *éch. libre à force constante*).

Die Regelmässigkeit der Unterbrechung in der von der treibenden Feder eingeleiteten Bewegung wird durch einen pendelartig schwingenden Körper veranlasst. Dies ist entweder ein gewöhnliches Pendel und diese Art Uhren (die Stutzuhren, *pendules*, amerikanische Uhren) gehören dann in die Kategorie der festen oder Standuhren, deren Einrichtung nicht besonders beschrieben zu werden braucht, da sie nur eine Combination der Theile einer Pendeluhr und einer Federuhr ist. Oder der Regulator ist ein kleines Schwungrad, welches durch die nach den Gesetzen der Pendelschwingungen gleichmässig erfolgenden Ausdehnungen und Zusammenziehungen einer feinen elastischen Spiralfeder abwechselnd nach rechts und links gedreht wird. Ein solcher Regulator (die Unruhe, Balancier *balance*) kann in jeder Ebene seine Schwingungen vollziehen und bedingt daher die Brauchbarkeit der Federuhren als tragbare Uhren. Die Triebkraft als die Bewegung veranlassende elastische Feder und die regulirende Kraft als die Schwingungen des Regulators bewirkende elastische Feder, stehen durch die Hemmung mit einander in Verbindung, welche bewirkt, dass einerseits die erstere Kraft momentan ausser Wirksamkeit gesetzt, andererseits die letztere Kraft in stets gleichbleibender Stärke erhalten wird.

Uhrtheile. b. Schnecke.

Um zuerst die Hauptheile der Federuhr in ihrer einfacheren Form zu übersehen, ist in den *Fig. 78—80* die Verbindung der Triebfeder mit der

Schnecke, die einfache Spindelunruhe und die Zusammensetzung einer gewöhnlichen Taschenuhr angegeben.

C in *Fig. 78* ist ein um seine Axe drehbarer Cylinder (die Trommel), in dessen Innerem sich die spiralförmig aufgewundene Triebfeder befindet, welche enger zusammengezogen wird, sobald vermittelst der Kette *K* der Cylinder gedreht wird. Die Kette *K* windet sich, indem man den Zapfen *Z* dreht (die Uhr aufzieht), auf dem an der Axe von *Z* befestigten Uhrtheile *S*, der Schnecke, in spiralförmigen Windungen auf und die hierdurch in *C* angespannte Triebfeder sucht nun vermittelst *K* die Schnecke *S* und das mit ihr an derselben Axe befindliche Schneckenrad *R* in der entgegengesetzten Richtung von der Drehung beim Aufziehen zu drehen. Während die Spiralfeder in der Trommel allmälig ihre Spannung vermindert und dabei den Cylinder dreht, windet sich die Kette auf dem Umfange des Cylinders auf. Die hierbei fortwährend geringer werdende Kraft der Feder wird dadurch für ihre, das Rad *R* drehende Wirkung wieder ersetzt, dass der Angriffspunkt der Kette nach den dickeren Stellen der Schnecke hinrückt, also der Hebelarm, an welchem sie wirkt, immer grösser wird. Um eine Gleichmässigkeit in der Grösse der Kraft zu bewirken, muss die Oberfläche der Schnecke eine hyprobalische Krümmung (*UT*) erhalten.

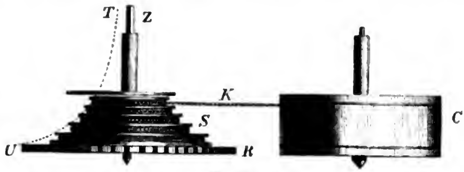


Fig. 78.

c. Hemmung.

Der zweite Haupttheil einer Uhr, der Regulator der Bewegung, ist in der Spindelhemmung *Fig. 79* abgebildet. Eine zarte Spiralfeder *ff*, welche an einem Ende *a* befestigt ist, sitzt mit dem anderen Ende an der drehbaren Axe *AE*, welche das kleine Schwungrad *BB* und zwei Ansatzstücke *C* und *D* trägt. Die Zusammenziehung und Ausdehnung der aus ihrer Gleichgewichtslage gebrachten Spirale drehen die Axe und die an ihr befestigten Stücke um eine bestimmte Winkelgrösse alternirend nach der einen und der anderen Seite und hierbei hemmen die Ansätze *C* und *D* abwechselnd die durch den Zug der Triebfeder bewirkte Drehung des Steigrades *R* in derselben Weise, wie dies bei den Pendeluhren durch das Eingreifen des Hakens oder Ankers der Fall ist. Die Spirale mit dem Schwungrade bilden die sogenannte Unruhe, die Ansätze *C* und *D* die Hemmung. Die Dauer der Oscillationen der Unruhe

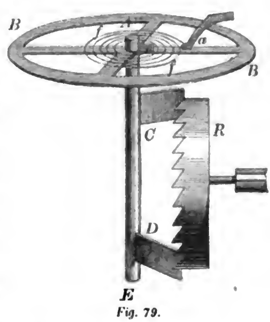


Fig. 79.

kann willkührlich dadurch etwas verändert werden, dass man durch eine eigene Vorrichtung, die **Richtscheibe**, die Länge der schwingenden Spirale etwas verlängern oder verkürzen kann, was in der Figur nicht näher angegeben ist.

Wie nun durch Einschaltung des Räderwerkes die Bewegung von Zeigern zur Abmessung bestimmter Zeitintervalle bewirkt werden kann, zeigt die Abbildung in *Fig. 80*, in welcher wieder wie oben bei der Pendeluhr neben den Rädern und Trieben die Zahl der Zähne angegeben ist.

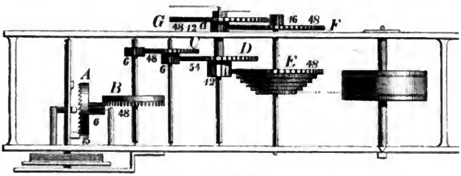


Fig. 80.

Machte nun die Unruhe 24 Schwingungen in 5 Sekunden, so würde das Steigrad *A* von 15 Zähnen, da bei je zwei Oscillationen ein Zahn die Hemmung passirt, $\frac{17280}{30} = 576$ Umdrehungen in der Stunde machen, das Kronrad *B* 72, das Mittelrad *C* 9, das Minutenrad *D* 1, das Schneckenrad *E* $^1/_4$ Mal sich in einer Stunde um die Axe drehen. An der verlängerten Axe von *D* würde daher der Minutenzeiger anzubringen sein. Eben diese Axe hat aber noch einen zweiten Trieb d_1, welcher in das Wechselrad *F* eingreift und dieses in 4 Stunden einmal dreht, wodurch das lose über die Axe von *D* gesteckte Stundenrad *G* in 12 Stunden einmal um die Axe gedreht wird, also der Träger des Stundenzeigers ist.

Soll die Uhr in Verbindung mit dem Sperrrade einen Sekundenzeiger erhalten, so muss natürlich ein anderes Verhältniss der Zähne gewählt werden. In der Regel verbindet man nur die besseren Uhren, die Chronometer, mit Sekundenzeigern, bei denen alsdann der Zeiger wegen der eigenthümlichen Einrichtung der Hemmungen sich springend bewegt, und zwar am häufigsten durch den Zwischenraum von $^1/_2$ oder $^2/_5$ Sekunden, zuweilen auch von $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_{10}$ Sekunden springt.

Die wichtigsten Verbesserungen, welche im Laufe der Zeit an den Federuhren angebracht wurden, beziehen sich auf die Hemmung und die Unruhe und haben den Zweck, die Gleichmässigkeit der Unterbrechungen der Bewegung von den Bewegungshindernissen und den Temperaturänderungen unabhängig zu machen. Ausserdem sind eine grosse Zahl minder wichtiger Erfindungen gemacht, theils um Uhren von einfacherer Zusammensetzung und daher von kleineren Dimensionen herzustellen, theils um dieselben zu bestimmten Anwendungen als Beobachtungs *-„Wecker-", Repetiruhren u. s. w. brauchbar zu machen. Hier sei nur erwähnt, dass namentlich die Beseitigung der Schnecke vielfach versucht ist, indem man die ungleiche Kraft der allmälig erschlaffenden Feder sich dadurch auszugleichen bemühte, dass man Federn verwendete, welche sich in der Dicke oder in der Breite verjüngten, so dass beim Erschlaffen der Feder

* S. über diese den folgenden §. 188.

immer kräftigere Theile derselben zur Wirkung gelangten. Diese Construction wird bei den Uhren, die man besonders flach zu machen wünscht, auch jetzt wohl verwendet, aber für schwieriger und unsicherer gehalten, als die Schnecke. Man kann aber auch bei der mit Wegfall der Schnecke und einer gleichmässigen Triebfeder ungleich werdenden Triebkraft dennoch gleich starke Impulse für die Hemmung durch eine sinnreiche Construction der letzteren erzielen, welche weiter unten beschrieben ist.

Die Hemmungen der Federuhren sind ähnlich wie die der Pendeluhren verbessert, zuerst um die Reibung der Hemmung möglichst zu verringern, dann um den Impuls für die Hemmung auf einen Moment zu beschränken, während im Uebrigen die Bewegung der Unruhe und der Hemmung ungehindert von Statten geht.

Der ruhenden Hemmung (*dead beat*) Graham's für die Pendeluhren entspricht bei Federuhren die von demselben Künstler erfundene Cylinderhemmung (*Fig. 81*), bei welcher der Zahn des Sperrrades während des grösseren Theiles der Oscillation der Unruhe auf einer cylindrischen Oberfläche ruht und nur eine kurze Zeit in der Mitte jeder Oscillation auf eine geeignete Ebene wirkt.

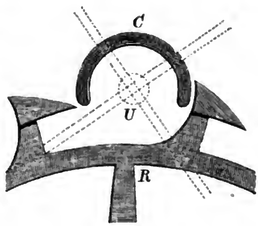


Fig. 81.

Ein für Federuhren sehr gebräuchliches Echappement ist die Duplex-Hemmung (*Fig. 82*), bei welcher das Sperrrad zwei Zahnreihen hat. Die äussere Zahnreihe wird von einem Cylinder arretirt, der so klein ist, dass die Unruhe hierbei keinen merklichen Impuls erhält, welcher vielmehr von der zweiten Zahnreihe gegeben wird, die in grösserer Entfernung von der Axe der Unruhe auf dieselbe wirkt.

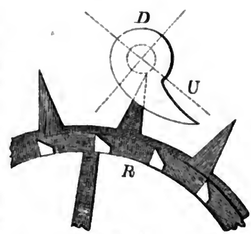


Fig. 82.

Das erste freie Echappement für Federuhren gab Le Roy an, indessen sind die von ihm, Mudge, Haley u. A. erfundenen Constructionen durch die von Arnold und Earnshaw angegebenen verdrängt worden, bei denen die Arretirung der Hemmung ausserhalb der Unruhe liegt. Diese Hemmung (*éch. libre, detached sc.*) ist vielfach modificirt, eine schöne Form desselben nach einem Boxchronometer von U. Jürgensen zeigt die *Fig. 83* (S. 634). (Der Balancier ist in der Zeichnung als einfaches Schwungrad, statt als compensirter B. angegeben).

Statt eines einzelnen Sperrrades sind an derselben Axe über einander zwei Räder rr und RR angebracht. An der Axe der Unruhe befindet sich eine Scheibe SS, welche bei ab eingeschnitten ist und in derselben Ebene wie das obere Rad rr liegt. Ferner sitzt an der Unruhenaxe weiter nach unten eine kleine Scheibe s, welche einen Daumen c trägt, der bei der Drehung der Un-

ruhe gegen die elastischen Federn *defg* stösst. Von diesen Federn ist die stärkere *gf* bei *g* an einer Platte festgeschraubt und trägt bei *h* einen Ansatz, auf dem ein Zahn des Rades *RR* ruht; das Ausweichen der Feder nach der Seite von *r* wird durch einen Anschlag *K* verhindert. Die zweite sehr feine Feder *de* ist an *fg* so befestigt, dass sie nach der Seite des Sperrrades *rr* abgebogen werden kann, nach der andern Seite aber an *fg* stösst und dann diese grössere Feder mitnehmen muss. Sobald nun die Unruhe in der Richtung des Pfeiles schwingt, biegt der Daumen *c* die feine Feder bei *d* ab, wodurch nur ein unmerklicher Widerstand gebildet wird. Beim Rückgange wird durch den Daumen *d* wiederum getroffen, hierbei aber nicht nur *de*, sondern auch *fg* nach aussen gebogen.

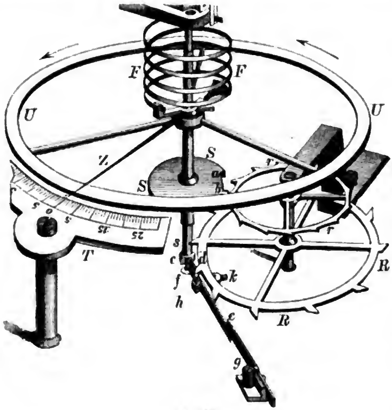


Fig. 83.

Dadurch verliert der Zahn des Rades *RR* seine Stütze bei *h* und das Rad läuft weiter, zugleich aber stösst ein Zahn des Rades *rr* bei *b* in den Einschnitt der Scheibe *SS* und giebt dieser einen Impuls. Nach dem nur einen Moment dauernden Durchgang des Daumens *c* durch die Ruhelage der Federn springt *gf* sofort wieder zurück, so dass der folgende Zahn des Rades *RR* sogleich wieder bei *h* gehemmt wird. Man sieht, dass die Bewegung der Unruhe mit Ausnahme des ausserordentlich kleinen Momentes, in welchem der Daumen die Federn abbiegt, ganz ungehindert seine Schwingungen vollzieht.

Aus der Zeichnung ist zugleich zu ersehen, wie bei den grösseren Chronometern die Spiralfeder *FF* in der Regel angeordnet ist, nämlich als cylindrische Spirale, während sie in den Taschenuhren gewöhnlich als ebene Spirale verwendet wird. Ferner sieht man in der Figur eine Methode, die Schwingungsdauer der Spirale zu ändern, indem durch die den Zeiger *Z* tragende Scheibe die Weite der Windungen vergrössert oder verkleinert werden kann, wenn man die Scheibe, in welche das eine Ende der Spirale eingefügt ist, vermittelst des Zeigers nach rechts oder links dreht.

Chronometer mit diesem freien Echappement und mit Schnecke bilden die zuverlässigsten Federuhren und werden nicht übertroffen durch die allerdings noch künstlichere Einrichtung des freien Echappements mit gleichbleibender Kraft, bei welcher die Schnecke unter der Voraussetzung fortfallen kann, dass eine Hülfsfeder, durch welche der Impuls gegeben wird, eine gleichbleibende Kraft behält. Die Zeichnung *Fig. 84* (S. 635) giebt eine schematische Darstellung einer solchen Uhrhemmung.

Das sehr fein verzahnte Rad (Steigrad) *DE* werde durch die Federkraft in der Richtung des Pfeiles gedreht, so wird es das sehr kleine in die Verzahnung von *DE* eingreifende Rad *p* in der entgegengesetzten Richtung drehen. Diese Drehung kann in einem bestimmten Momente dadurch gehemmt sein, dass ein an *p* angebrachter hebelartiger Fortsatz *m* festgehalten wird. Auf der Ebene des Rades *DE* sind ferner senkrecht stehende Stifte *no....* in solchen Winkeldistanzen angebracht, dass die zwischen dem Winkelabstande je zweier Stifte liegende Verzahnung von *DE* gerade dem Umfange von *p* gleich ist; *efgh* ist ein um *K* drehbarer vierarmiger Hebel, gegen welchen bei *f* die elastische Feder *F* continuirlich und mit constanter Kraft drückt. Der Hebel wird aber daran gehindert, diesem Drucke zu folgen, sobald *e* auf dem an der Doppelfeder *H* befestigten Vorsprunge *c* ruht, und in dieser Stellung liegt auch *m* an *g* und hindert *p*, mithin auch *ED* an der Drehung, ferner liegt dann *h* neben einem Stifte, etwa *n*. Der Balancier oder die Unruhe *AC* trägt wieder wie bei der beschriebenen Chronometerunruhe

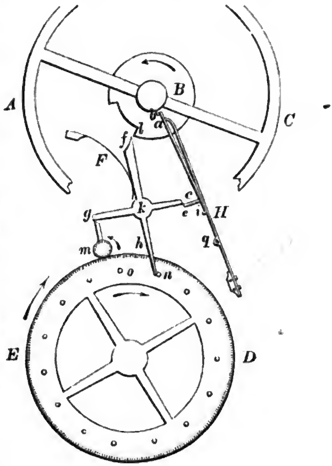


Fig. 84.

die bei *l* ausgeschnittene Scheibe *B*, die in derselben Ebene mit dem Hebel *f* liegt; ferner ist wieder der mit der Unruhenaxe gedrehte Fortsatz *b* so angebracht, dass er bei der Drehung, wie sie der Pfeil zeigt, die Spitze *a* der feinen Feder *ai* trifft und dadurch diese und die dahinterliegende an *d* befestigte grössere Feder *H* bei Seite schiebt. Ist *b* bei *a* vorbeigegangen, so fällt die Feder *H* durch ihre Elastictät in ihre frühere Lage zurück, indem sie sich an den festen Stift *q* anlegt, und beim Rückgange der Unruhe hebt *b* die feine Feder *ai* allein ab, wodurch keine merkliche Kraft in Anspruch genommen wird. Bewegung, Impuls und Hemmung erfolgen nun so: *H* wird durch *b* bei Seite geschoben, dadurch wird *e* die Stütze *c* fortgenommen, *h* fällt von *n* nach *o*, das Rad *DE* kommt in Drehung und dreht *p* mit herum, die Feder *F* drückt *f* der Unruhe zu, so dass *f* auf *l* trifft und der Unruhe somit den der Elasticität von *F* entsprechenden Stoss ertheilt. Sobald aber durch die Drehung des Rades *o* in die Stelle von *n* gekommen ist und dabei *h* mit sich geführt hat, war auch gerade von *p* ein Umgang gemacht, so dass *m* wieder an *g* anliegt und, da die Feder *H* wieder in ihre Ruhelage zurückgesprungen ist, auch *e* auf *c* ruht, folglich ist jetzt das Rad *DE* wieder gehemmt. Die Schwingung der Unruhe ist also erstlich vollkommen frei bis auf den kurzen Moment, in welchem ihr durch *f* ein Impuls ertheilt wird; zweitens ist die Stärke des Impulses ganz unabhängig von der Stärke der die Uhr bewegenden Triebfeder,

sondern nur von der für lange Zeit als gleichbleibend anzusehenden Elasticität der Feder *F*, mithin ist die etwas schnellere oder langsamere Drehung von *DE* gleichgültig und die Schnecke nicht erforderlich.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese sehr sinnreich construirten Uhren durch Erschütterungen leichter gestört werden, wie die vorher beschriebene Chronometerhemmung, weshalb für Boxchronometer die Earnshaw'sche Hemmung in ihren verschiedenen Modificationen als die zuverlässigste angewendet wird.

d. Compensation.

Wenn schon auf den Gang der Pendeluhren die Aenderung des Wärmezustandes von solchem Einfluss, dass je nach steigender oder sinkender Wärme für jeden Grad R. Differenz eine Sekundenuhr täglich 0,5—1 Sekunde zu langsam oder zu schnell geht, so ist diese Wirkung bei Federuhren noch viel erheblicher. Sie beruht auf einer zweifachen Veränderung der Uhr, erstlich vermindert sich bei steigender Wärme die elastische Kraft der Spirale und zweitens vergrössert sich der Balancier, seine Masse rückt weiter von der Drehungsaxe hinweg oder sein Trägheitsmoment oder die zu seiner Drehung erforderliche Kraft vermehrt sich. Allgemein lässt sich die Grösse der Abweichung nicht angeben, weil dieselbe offenbar von der Form und Anordnung der Masse im Balancier abhängig ist. Th. Young fand aber z. B., dass für 1° R. die Zahl der Schwingungen bei einer uncompensirten Federuhr sich etwa um $^1/_{600}$ änderte; nach Berthoud änderte sich der Gang einer uncompensirten Federuhr um 8 Minuten unter denselben Umständen, unter denen ein uncompensirtes Sekundenpendel sich nur um 20 Sekunden änderte. Kessels bemerkte an zwei noch nicht compensirten Chronometern, dass eine Aenderung der Wärme von 1° etwa 12 Sekunden im Uhrgange veränderte. Man kann also sagen, dass uncompensirte Federuhren ungefähr 20 Mal stärker beeinflusst werden, als Pendeluhren. Dies würde die Federuhren zu einer ihrer wichtigsten Anwendungen, nämlich zur Bestimmung der geographischen Länge unbrauchbar machen, wenn nicht die von Harrison erfundene, von Emery aber in der jetzt allgemein gebräuchlichen Form zuerst angegebene Compensation den Einfluss der Wärme beseitigte. Die Krümmung eines Compensationsstreifens benutzte Harrison, um dadurch die Spiralfeder bei steigender Temperatur zu verkürzen, bei sinkender zu verlängern, wodurch allerdings eine vollständige Compensation erzielt werden kann. Indessen ist es sehr schwierig, diese Compensation zu corrigiren, was viel leichter bei der Emery'schen Construction geschehen kann, bei welcher, wie die *Fig. 85 A* (S. 637) (nach der Unruhe an einem Allier'schen Chronometer) zeigt, die Spiralfeder ungeändert bleibt, der Balancier aber aus Compensationsstreifen besteht. Erweitert sich bei steigender Wärme der Umfang des Balanciers, so krümmen sich die Streifen nach Innen, wodurch die an ihnen befestigten Massen *a b* .... der Drehungsaxe genähert werden. Indem nun diese kleinen Massen leicht geändert werden können, lässt sich die Compensirungsvorrichtung so lange corrigiren, bis die Elasticitätsänderung der Spirale und Aenderung des Trägheitsmomentes wegen Ausdehnung des Steges *fg* gerade durch die im umgekehrten Sinne erfolgende

Aenderung des Trägheitsmomentes vermittelst der Compensationsstreifen ausgeglichen ist.

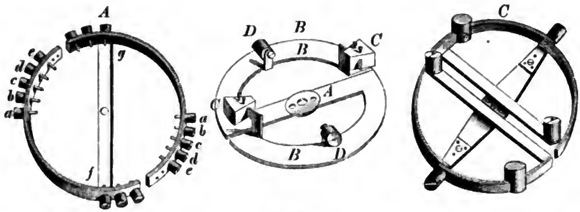


Fig. 85.

Ein neuerdings von Kullberg angegebener compensirter Balancier *Fig. 85 B* von flacher Form soll sich vorzüglich bewährt haben. Das Mittelstück *A* besteht aus Messing und Stahl, das Messing oben, es krümmt sich also bei steigender Temperatur nach unten. Der Reif *B*, ebenfalls aus Messing und Stahl, hat den Stahl oben, er hebt sich also bei der Wärme an den aufgeschnittenen Stellen nach oben, und giebt dadurch den Compensationsgewichten ein anderes Moment; wobei die Construction den Vortheil gewährt, dass die Ringe jedes Metalles aus einem Stücke gemacht werden können. *D* sind Hülfsgewichte zur Regulirung der Compensation.

Mit der üblichen Compensation aus zwei Metallen lässt sich zwar die Ungleichheit der Bewegung für Temperaturschwankungen um eine Mitteltemperatur im Mittelwerthe ausgleichen, wird aber nicht für jeden Temperaturgrad beseitigt. Z. B. kann die Compensation zwischen 0° und 30° Wärmeänderung, welche eine Mittelwärme von 15° geben würde, genau gemacht werden, dabei wird aber die Bewegung der Unruhe von 0°—15° beschleunigt, von 15°—30° um ebensoviel verzögert sein; mit anderen Worten, die Compensation wirkt nur genau, wenn die Temperaturschwankungen regelmässig um diejenige Mitteltemperatur erfolgen, für welche die Fehler der Compensation sich ausgleichen. Diesen Mangel suchte neuerdings Frodsham dadurch zu beseitigen, dass er den Balancier aus zwei Theilen zusammensetzt, die in entgegengesetzter Richtung bezüglich der Temperatur wirken, z. B. der eine von 0°—15° etwas die Bewegung beschleunigt, der andere bei dieser Temperatur die Bewegung etwas verlangsamt. Die Form eines solchen doppelt zusammengesetzten Balanciers zeigt *Fig. 85 C.*

Die Compensationsstreifen werden am häufigsten aus Stahl und Messing, zuweilen aus Platin und Silber zusammengesetzt; letzteres besonders seitdem man bemerkt hat, dass der Erdmagnetismus auf den Gang der Chronometer Einfluss hat und man daher bemüht war, möglichst jede Anwendung des Stahles zu vermeiden. Dies hat auch dazu geführt, statt der stählernen Spiralfedern der Unruhe andere Materien zu verwenden, namentlich Gold (mit etwa 20% Kupfer legirt) und Glas.

e. Störung des Ganges. Genauigkeit der Uhr.

Den Einfluss des Magnetismus vermeidet man bei Chronometern, die an festen Stationen benutzt werden, am einfachsten, indem man sie stets in derselben Orientirung zur Himmelsgegend erhält. Dasselbe für Chronometer auf Schiffen zu bewirken, schlug Scoresby vor, die Instrumente drehbar aufzustellen und mit einem Magnetstabe zu verbinden, der sie nach der Himmelsgegend richtet. Wegen der an verschiedenen Orten ungleichen Intensität des Erdmagnetismus wird indessen dieses Hülfsmittel nur unvollständig helfen können.

Bei einem mässig guten Taschenchronometer kann man eine Sicherheit der Zeitbestimmung von 1 : 10—12000 verlangen, d. h. eine Differenz von 7—8 Sekunden als höchste tägliche Abweichung. Die vorzüglichsten Box-Chronometer haben weniger wie 1 Sekunde täglichen Fehler. Federuhren werden in der Regel alle 24 Stunden aufgezogen und die Schnecke muss daher nach der oben beschriebenen Einrichtung mindestens 6 Windungen haben; für Chronometer wählt man eine grössere Zahl von Windungen oder verlangsamt den Gang des Schneckenrades, damit das Instrument mindestens 36 Stunden in Gang bleibt. Alle Federuhren werden so eingerichtet, dass sie während des Aufziehens ihren Gang ungehindert fortsetzen, was durch eine von Harrison erfundene Einrichtung der Schnecke mit innerem Sperrrade erreicht wird.

Die grösseren Chronometer (Box-Chronometer) sollen in horizontaler Lage erhalten werden, weil sie für diese regulirt sind und in anderer Lage durch den geänderten Druck in der Spirale und den Zapfen des Räderwerkes eine Aenderung des Ganges eintreten würde. Bei den kleineren Uhren ist dies zwar weniger der Fall, indessen ist es doch rathsam, wenn man einen gleichmässigen Gang derselben erhalten will, dieselben stets in einer und derselben Lage zu lassen, also z. B. die Taschenuhren, wenn man sie nicht trägt, vertikal aufzuhängen.

Die Zeit der Erfindung der Federuhren ist nicht mit Sicherheit anzugeben, aber ungefähr in den Anfang des 16. Jahrhunderts zu setzen. Auch der Erfinder der Schnecke ist unbekannt. Die Spiralfeder an der Unruhe hat Hooke zuerst angewendet. Von Huygens rührt die Erfindung eines Aufzuges an Pendeluhren her, durch welchen der Gang der Uhr nicht unterbrochen wird; die bei Federuhren hierzu noch jetzt gebräuchlichste Einrichtung gab Harrison an. Le Roy ist der Erfinder der freien Hemmung um 1748, die von Mudge und Haley nach Harrison's Vorgang bei Pendeluhren dadurch 1763 verbessert wurde, dass er mit dem Echappement eine Hülfsfeder verband. Die jetzt am meisten angewendete freie Hemmung ist, wie oben erwähnt, auf die Erfindungen von Arnold und Earnshaw (1804) gegründet.

Die Compensation an Federuhren hat Harrison schon um 1726 ausgeführt, aber erst fast 50 Jahre später erreichte er damit eine solche Genauigkeit, dass ihm der von der englischen Regierung hierfür ausgesetzte Preis vollständig bewilligt wurde. Le Roy's Chronometer änderten ihren Gang bei einer Reise 1765 während 6 Wochen so wenig, dass die Länge von 15 Minuten im Bogen genau bestimmt wurde. Von Harrison's Uhren gab eine im J. 1761 bei einer Reise in 4 Monaten eine Sicherheit der Längenbestimmung auf 28 Minuten, eine andere 1764 während 10 Wochen eine Sicherheit von gegen 11 Minuten im Bogen.

Zahlreiche Nachweisungen über den Gang von Chronometern verschiedener Künstler finden sich in Schumacher's Astronomischen Nachrichten.

Literatur.

Horner Art. Chronometer in Gehl. u. ph. W. II. 400*.
Ueber Federuhren im Allgemeinen s. d. Literatur des vorigen Paragraphen.

a. Beschreibung von einzelnen Uhrconstructionen.

On the watches of Huygens *and Lord* Kincardine. *Phil. Trans.* I. 1665—66.
Hooke's *spring watches.* Hooke *on helioscopes.* 4. London 1675. cfr. *Phil. Trans.* 1765. X. 440.
Huygens's *portative watches. Phil. Trans.* 1675. X. 272.
Baufré *Mém. de Par.* I. 288.
Harquin ibid. II. 68.
Sully ibid. 1716. *Hist.* 77; *Mach. et inv.* IV. 93. 95.
Massy *Rec. des pièces qui ont remp. le prix.* I. 2.
Le Roy *Mém. de Par.* 1751. *Hist.* 174.
Id. Ibid. 1761. *Hist.* 157.
Id. Ibid. 1763. 420. *Hist.* 127.
Id. Ibid. 1767. *Hist.* 125.
Cassini ibid. 1769. *Hist.* 102 (über le Roy's Uhren).
Voyage pour éprouver les montres de le Roy. 4. Paris.
Gourdain *Mém. de Paris* 1742; *Hist.* 161; *Mach. et inv.* VII. 147 (ohne Schnecke).
Id. ibid. 1743. *Hist.* 172; *Mach. et inv.* VII. 247.
Godin ibid. 1754. *Hist.* 140 (mit zwei Balanciers).
Romilly ibid. 1755. *Hist.* 143.
Lespine ibid. 1763. *Hist.* 140 (Repetiruhr).
Biesta ibid. 1764. *Hist.* 182.
Coupson ibid. 1764. *Hist.* 183 (ohne Schnecke).
Nioux ibid. 1764. *Hist.* 183.
Tosembach ibid. 1769. *Hist.* 128 (Schlaguhr).
Ferin ibid. 1772. I.
Anguilin Abh. d. schwed. Akad. a. d. J. 1762. übers. v. Kästner XXIV. 236* (Uhr von Elvin u. Lindgrefn mit doppelten Steigradkränzen).
Explanation on the time-keepers constructed by Thomas Earnshaw *and the late Mr.* John Arnold. London 1806.
Ueb. Kessels' Chronometer s. Schum. Astr. Nachr. I. 209. 233. 510. III. 153. 169.
Ueb. Breguet's Chronometer. ibid. IV. Nr. 77.
Fleurieu *Voyage pour éprouver les horloges de Berthoud.* 4.
Maskelyne on Mudge's *timekeepers.* London 1792. 8.
Leslie's *patent nautical watch. Rep.* II. 91.
Haley's *patent timekeeper. Rep.* VI. 145.
Burckhard Dingl. p. J. VIII. 384; *Rep. of a.* (2.) XL. 369 (für Stern- u. mittl. Zeit).
Cole Dingl. p. J. IX. 322; *Lond. J.* (1.) IV. 63.
Hutton *Phil. Mag. n. J.* LXI. 177.
Die Crizot-Taschenuhren. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1823 S. 322.
Murray Dingl. p. J. XVI. 267; Handl. Ztg. 1824. S. 394.
Verbesserte Taschenuhr. *Mech. Mag.* I. 443. II. 315. 423. III. 31. 75.
Le Normand *Ann. de l'ind.* XV. 248; *Bull. d. sc. techn.* III. 42; *Glasg. Mag.* IV. 130.
Alavoine *Ann. de l'ind.* XVI. 90 (Cylinderuhr).
Fatton Dingl. p. J. X. 449. XII. 51. XVIII. 131; *Rep. of pat.* (1.) I. 1 (mittl. u. Stern-Zeit u. Messung der Geschwindigkeit).
Chronometer. *Mech. Mag.* IV. 291. V. 103. 126. 199. 271. 293, 317; *Ann. mar.* 1826. II. (1.) 32.
Pantochronometer. *Ann. of phil.* n. S. XI. 152; *Phil. Mag. a. J.* LXVII. 225; *Scientif. gaz.* 1826. p. 69.
Ulrich Dingl. p. J. XXV. 449; *Rep. of p.* (1.) II. 448; *Lond. J.* (1.) XIII. 122.
Lenormand, Duclos u. Pechot *Brev. d'inv.* XI. 139 (Chronometer).
Ogston u. Bell Dingl. p. J. XXVIII. 259; *Rep. of pat.* (1.) IV. 60; *Frankl. J.* (1.) III. 241; *Lond. J.* (1.) XIV. 309; Bayr. K. u. Gew. Bl. 1827. S. 518; *Bull. d. sc. techn.* XIII. 202.
Baker *Frankl. J.* (1.) III (Chronometer).
Id. Dingl. p. J. LV. 81; *Lond. J.* C. S. V. 98 (desgl.).
Parkinson u. Frodsham. *Gill techn. rep.* I. 182; *Bull. d. sc. techn.* IX. 58 (Seeuhr).
Ulrich Dingl. p. J. XXXIII. 257; *Lond. J.* (2.) III. 88 (Chronometer).
Id. Dingl. p. J. LXXIX. 250*; *Lond. J.* C. S. XVII. 121; *Brev. d'inv.* XLV. 147.
Rebilliez *Bull. d. sc. techn.* XIII. 202. XIV. 171; *Edinb. ph. J.* n. S. II. 350; Dingl. p. J. LXX. II. 465* (Uhr ohne Metall, aus Bergkrystall, Saphir u. Rubin).
Verbesserungen an Uhren: Deyer *Ann. of ph.* n. S. VIII. 76. Pattison *Glasg. Mag.* I. 34.

Brown Dingl. p. J. XXXVIII. 362; *Lond. J.* (2.) IV. 264; *Rep. of pat.* (1.) IX. 193. Westwood Dingl. p. J. XXXVIII. 210; *Lond. J.* (2.) VI. 268; *Rep. of pat.* (1.) X. 143; *Frankl. J.* n. S. VI. 314. Bogardus *Frankl. J.* n. S. V. 375. Bannister *Rep. of pat.* n. S. VII. 195. Massey ibid. XI. 93. Philcox ibid. XVII. 21; Dingl. p. J. LXXVIII. 199*; *Lond. J.* C. S. XVI. 325; Poncy *Rep. of pat.* n. S. XV. 223.
Dent Dingl. p. J. LXXXI. 198*; *Rep. of pat.* n. S. (1841) XV. 280. Crane *Mech. Mag.* XXXVII. 92. Mylne Dingl. p. J. XCIV. 13*; *Rep. of pat.* E. S. IV. 1. Nicol Dingl. p. J. C. 92*; *Rep. of pat.* E. S. VII. 151. Redier Dingl. p. J. C. 95*; *Lond. J.* C. S. XXVIII. 258. Bocquet *Brev. d'inv.* LXVI. 51. Rabinel ibid. 182.
Muston *Nautic. man.* 1835. p. 304 (üb. vorzügl. Chronometer).
Liebherr Bayr. K. u. Gew. Bl. 1835. S. 97 (Taschen-Repetiruhr).
Lassieur *Brev. d'inv.* XXV. 82 (Chronometer).
Winnerl Dingl. p. J. LXVI. 156*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1837. p. 309 (Chronometer).
Allier *Brev. d'inv.* XL. 123 (Seeuhr).
Poisson *Brev. d'inv.* XLVIII. 296 (Cylinderuhr).
Robert Dingl. p. J. CIII. 335*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1846. p. 486 (Seeuhren von einfacher Constr.).
Marchive-Potel *Brev. d'inv.* LXII. 111 (Taschenuhr).
Hutton Dingl. p. J. CVI. 98*; *Mech. Mag.* XLVI. 436 (Chronometer- u. Pendeluhr-Theile verbessert).
Restell u. Clark Dingl. p. J. CXIV. 112*; *Mech. Mag.* XLIX. 502; *Lond. J.* C. S. XXXIV. 232 (Chronometer- und Pendel-U.-Verbesser.).
Ball Centr. Bl. 1850. S. 147; *Mech. Mag.* LI. 229 (Taschenuhr).
Vorauer Centr. Bl. 1850. S. 406 (Chronometer).
Cowper *Civ. eng.* 1852. p. 133 (üb. Chronometer).
Rédier *Brev. d'inv.* LVII. 358 (Chronometer).

b. Einzelne Theile der Uhren.

1. Unterhaltung des Ganges; Aufzug.

Thorowgood *on a new watch key.* London 8.
Charruy *Brev. d'inv.* XLVIII. 165 (Uhrschlüssel, der nicht abgezogen wird).
Kullberg s. österr. Bericht S. 125* (Uhraufzug ohne Schlüssel durch Uebertragung der Bewegung auf die Schnecke mittelst einer vom Knopfe aus zu bewegenden Verzahnung).
Davies Dingl. p. J. LXXXI. 36*; *Mech. Mag.* XXXIII. 503; *Lond. J.* C. S. XVIII. 87 (tragbare u. Stand-U. mit Feder, die mit einem Aufzuge 1 Jahr geht).
Larchevêque *Lond. J.* C. S. XXXI. 132; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1847. p. 430 (Uhrschl.).
Jesson *Brev. d'inv.* LXVII. 266 (verbess. Breguet'scher Schlüssel).
Preddy *Mech. Mag.* LI. 584; Centr. Bl. 1850. S. 450 (Uhrschl.).
Smith Dingl. p. J. CXVI. 20*; *Pract. Mech. Journ.* 1849 p. 200 (ein Kautschukring statt der Triebfeder).

2. Schnecke. Kette.

Lahire *Mém. de Paris* IX. 101 (Form der Schn.).
Varignon ibid. 1702. 192; *Hist.* 122 (Schnecke).
Le Roy ibid. 1763. 420; *Hist.* 127 (desgl.).
Enc. Meth. Art. *Chainetier* (üb. d. Kette).
A. Young Diop. p. J. CXXVIII. 338*; *Mech. Mag.* LVIII. 25; *Civ. Eng.* 1853. p. 86 (Theorie der Triebfeder u. Versuche über Aenderung der Zugkraft).
K. Karmarsch Jahrb. d. pol. Inst. XVIII. 328* (Abnahme der Zugkraft der sich abwindenden Feder) 1834.

3. Räderwerk.

Hardy *Gill techn. rep.* XI. 325 (epicycloidische Form d. Zähne).
Rogier *Brev. d'inv.* LXII. 211 (Maschine zur Räderverfert.).

4. Zifferblatt, Repetir- und Wecker-Werk und andere Nebeneinrichtungen.

Glasg. Mag. II. 290 (Wecker f. jede Taschenuhr).
Gille Dingl. p. J. LI. 19; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1833. p. 257 (Datumzeiger u. s. w.).
Lerot Dingl. p. J. LII. 326; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1833. p. 374 (Repetir-U.).
Droz *Brev. d'inv.* XXX. 47 (Repetirw.).
Lebonvallet *Brev. d'inv.* XXXIV. 49 (U. mit schmimmend. Zifferblatt).
Blessing *Brev. d'inv.* LIV. 48 (excentr. Zifferbl.).

5. Unruhe, Balancier und Spirale.

Leibnitz *the principle of exactness in the portable watches of his invention. Phil. Trans.* 1675. X. 285*.
Euler De novo genere oscillationum. Comm. Petr. XI. 128* (1750).
Atwood *Phil. Trans.* 1794. 119; Gilb. Ann. IV. 148* (Schwingungszeit der Unruhe).
Arnold *Lond. J.* (1.) II. 173 (Chronometer-Unruhe).
Lukens Bayr. K. u. Gew. Bl. 1828. S. 104; *Gill techn. rep.* I. 75. 180 (Härtung der Spirale).
Terry Dingl. p. J. XLIV. 110 (zusammenges. Spirale).
Gläserne Uhrfedern. Dingl. p. J. LI. 158.
Chronometer mit gläsernen Federn. *Nautic. Mag.* 1834. p. 420. 1836. p. 705.
Arnold u. Dent *Bibl. univ.* n. S. VI. 209: *Bull. de la Soc. d'encour.* 1837. p. 105 (gläserne Federn).
Chronometer mit Glasspiralen. *Sillim. J.* (1.) XXXII. 330.
Vallet Dingl. p. J. LX. 174*; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1835. p. 509 (Instrument zur Auswahl der Spiralen).
Dent Dingl. p. J. LXV. 131*; *Lond. J.* c. S. X. 19; *Rep. of pat.* n. S. VII. 271 (Spiralen mit Firnissüberzug).
Lefèbvre Centr. Bl. 1852. S. 721 (Präpariren der Federn).
Pescheloche *Brev. d'inv.* LXVI. 442 (*moderateur des ressorts*).
Philips *Ann. des mines.* XIX. (1861); *Bull. de la Soc. d'encour.* 1862 (Theorie der Spiralform zur Erzeugung isochroner Schwingungen).

6. Hemmung.

Le Roy *Mém. de Paris* 1742. *Hist.* 158; *Mach. et inv.* VII. 127 (*éch. à repos*).
Id. *Mach. et inv.* VII. 385 (*éch. libre*, das erste).
Volet *Mém. de Par.* 1742. *Hist.* 162; *Mach. et inv.* VII. 139.
Gourdain ibid. *Hist.* 158; *Mach. et inv.* VII. 141.
Christin ibid. 1755; *Hist.* 138.
Howell *Trans. of the soc. of enc.* X. 216 (*detached sc.*).
Prior ibid. XVI. 307; *Nich. J.* II. 363 (desgl.).
Delafons ibid. XIX. 331; *Repert.* XVI. 241; *Nich. J.* I. 251* (ähnlich Mudge's und Haley's Echappement).
Robin *échappement nouveau, applicable aux machines portatives, destinées à la mesure du temps. Journ. de phys.* XLIII. 342* (1793).
Breguet in *Montucla et Lalande.* III. 794.
Jürgensen *Edinb. ph. J.* VII. 148. 375; *Rep. of arts* (2.) XLII. 370 (*éch. libre*).
Scott Dingl. p. J. XVII. 276; *Rep. of arts* (2.) XLVI. 343.
Matthieu Dingl. p. J. XVIII. 288; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1825. p. 211 (Cylinder-H.).
Blanchard *Bull. d. sc.* t. III. 363; *Brev. d'inv.* VII. 308 (H. f. Taschenuhren).
Patterson *Trans. of the techn. soc.* LII. 43 (H. für Taschenuhren).
Mapple ibid. 48 (desgl.).
Rigtrup freie Steigradhemmung. Dingl. p. J. LXXXIX. 99*; Hessl. Jahrb. 1843 S. 828.
Hanson Dingl. p. J. CI. 431*; *Lond. J.* c. S. XXVIII. 258 (H. für Taschenuhren).
Wagner *Bull. de la Soc. d'encour.* 1847. p. 3 (üb. die gebräuchlichen einfachen H.n in Taschenuhren).
Schade Dingl. p. J. CXV. 20* (H. ohne Spirale und zur Hervorbringung einer gleichmässigen Kreisbewegung der Unruhe).
Boussard Centr. Bl. 1852. S. 722; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1851. p. 497. 1852. p. 219 (*mouv. à force constante*).
M'Dowall Dingl. p. J. CXXIV. 107*; Centr. Bl. 1852. S. 286; *Lond. J.* c. S. XL. 16 (einfache H. für Feder- u. Pendel-U.).
Dent Dingl. p. J. XCI. 179* (Anwendung einer von G. B. Airy erfundenen H.: Aufzugs-H.; *remontoire esc.*).

7. Störungen des Uhrganges. Correctionen.

Thiout *Mém. de Par.* 1737. *Hist.* 107.
Varley *on the errors arrising from magnetism. Phil. Mag.* I. 16 (Unterschied von 12 Minuten in 24 Stunden, je nach der Lage der Uhr).
Lecount Dingl. p. J. XII. 125 (Einw. d. Magnetismus).
Abraham Dingl. p. J. XXIV. 271; *Lond. J.* (1.) XIII. 32; *Gill techn. rep.* XI. 140; *Frankl. J.* (1.) III. 388; *Bull. d. sc. techn.* VIII. 53; Bayr. K. u. Gew. Bl. 1827. S. 770 (Neutralisation des Magnetismus).

Harvey *Phil. Mag. a. J.* LXIII. 311. *Quat. J.* XVII. 197. 366. XVIII. 38; *Edinb. ph. J.* X. 1; *Mech. Mag.* II. 325; *Bull. d. sc. techn.* II. 36 (Einwirkung des Magnetismus).
Northcote *Nautic. Mag.* 1837. p. 160 (Einfl. d. Magnetismus).
Airy ibid. 1840. p. 231 (desgl.).
Ueb. d. Magnetismus d. Uhren. Bayr. K. u. Gew. Bl. 1839. S. 483.
Sang *Edinb. n. ph. J.* XIX. 129 (Reibung bei Chronometern).
Störungen der Chr. Dingl. p. J. LXVI. 156*.
de Cornulier *Ann. mar.* 1842. II. 1. p. 489. 1844. II. 1. p. 165 (Einfl. der Wärme auf Chronometer).

8. Compensation.

Destigny Dingl. p. J. XIII. 187; *Rep. of arts* (2.) XLIV. 444.
Robert *Bull. de la Soc. d'encour.* 1829. p. 293; *Bull. d. sc. techn.* XIII. 53.
Guegnot *Brev. d'inv.* XLVI. 280.
Lund Dingl. p. J. XCIII. 324*; Hessl. Jahrb. 1844. S. 511. *Rep. of p. e.* S. IV. 1.
Philcox Dingl. p. J. CIII. 408*; *Lond. J. e.* S. XXIX. 317 (C. durch zwei Spiralen, die in entgegenges. Richtung wirken).
Loseby Dingl. p. J. CXXV. 11*; Centr. Bl. 1852 S. 1313; *Lond. J. e.* S. XLIII. 85 (C. durch gekrümmte Quecksilberröhren); über Loseby's Chronom. *Mech. Mag.* LVIII. 451. 492; *Civ. eng.* 1853. p. 262.
Dent Dingl. p. J. XCI. 175*; Hessl. Jahrb. 1843. S. 790; *Sillim. J.* (2.) XLV. 83; *Rep. of p. e.* S. II. 358 (C. für die Spirale, als Hülfscompensation für die des Balanciers).

§. 188. Relative Zeitmessung.

Bei vielen Untersuchungen kommt es nicht auf eine absolute Zeitbestimmung an, sondern darauf, die relative Zeitdauer zweier Phänomene zu vergleichen, oder die relative Grösse zweier Wirkungen in gleichen, aber willkührlichen Zeiträumen zu beobachten. Zwar sind zu solchen relativen Zeitbestimmungen die Uhren ebenfalls zu verwenden, allein einerseits können die Werkzeuge einfacher sein, wenn für kürzere Zeiträume einer Beobachtung nur eine willkührliche Zeiteinheit erfordert wird, andererseits reichen die Uhren nicht aus, wenn sehr kleine Zeiträume verglichen werden sollen, wenn es z. B. auf die Bestimmung von Werthen ankommt, welche innerhalb der Dauer der die Uhr regulirenden Bewegung, innerhalb einer Pendelschwingung oder der Oscillation der Unruhe liegen.

Zur relativen Ausmessung zweier Zeiträume kann in einfachster Weise jedes Pendel oder jeder pendelartig oscillirende Körper, ein eingeklemmter elastischer Stab, eine gespannte Schnur u. s. w. dienen, wenn für die vorzunehmende Zeitausmessung gestattet ist, die Schwingungen zu Anfang und zu Ende der Beobachtung als gleichmässig zu betrachten. Für nicht zu grosse Zeiträume und bei einem Pendel, welches geringe Widerstände zu überwinden hat, ist dies sehr genau der Fall, weil dasselbe nur sehr allmälig seine Schwingungsweite verändert. Solcher losen Pendel bedienten sich daher schon die Astronomen der Araber um das Jahr 1000 zur Zeitmessung während der Beobachtungen. Um nicht die einzelnen Schwingungen eines solchen Pendels zählen zu müssen, verbindet man dasselbe mit einer mechanischen Vorrichtung, durch welche die Anzahl der Schwingungen angegeben wird; man macht das Pendel zum Zähler oder Compteur. Jede Pendeluhr, aus der ausser dem Steigrade alles übrige Räderwerk entfernt und bei der das Sperrrad mit einem Zeiger verbunden würde, könnte als Zähler dienen. Das Geräusch beim Einfallen der Hemmung eines solchen Zählers setzt ferner in den Stand, während

das Auge ein Phänomen beobachtet, durch das Gehör die Zeitdauer an den Schlägen des Zählers abzumessen. Noch einfacher erreicht man dies, indem über die nach oben durch einen Metallstift verlängerte Pendelstange ein hakenförmiger Körper (*Fig. 86 A*) gehängt wird, der in vertikaler Stelle zu verharren sucht, so dass das Pendel bald links bald rechts mit dem Ende des Hakens zusammentrifft (Zähler-Knack-Pendel). Das Zählerwerk oder ein bestimmtes Pendel giebt immer nur eine der Pendellänge entsprechende Zeiteinheit; häufig ist es erwünscht, grössere oder kleinere Einheiten zu verwenden. Dies lässt sich erreichen, indem man entweder das Pendel zum Verlängern und Verkürzen einrichtet, oder indem man, was theoretisch dasselbe ist, das Trägheitsmoment des Pendels veränderlich macht. Ersteres ist der Fall beim Weber'schen Taktmesser (*Fig. 86 B*), ein Band mit daran befestigter Kugel, welches in kleineren oder grösseren Längen schwingend kürzere oder längere Zeitintervalle angiebt, wie auf dem Bande sogleich verzeichnet werden kann. Die Veränderung des Trägheitsheitsmomentes wird beim Mälzel'schen Metronom (*Fig. 86 C*) verwendet, bei welchem ein oberhalb der Drehungsaxe *c* des Pendels verschiebbares Laufgewicht *p* die Schwingungen des Pendels um so mehr verlangsamt, je weiter nach oben *p* gerückt wird; die einer jedesmaligen Stellung von *p* zugehörige Schwingungszahl wird auf der Pendelstange verzeichnet. Bei den einfacheren Mälzel'schen Metronomen muss man die Schwingungen mit dem Auge zählen, an vollständigeren Instrumenten ist ein Uhrwerk mit Hemmung angebracht, so dass die Schwingungen durch Anschlag auch für das Gehör bezeichnet werden.

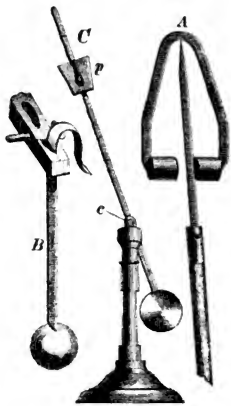


Fig. 86.

Um die Zeit nach kleinen Intervallen zu theilen, müsste man sich sehr kurzer Pendel bedienen, dann würde aber bald eine Gränze eintreten, bei welcher weder das Auge noch das Ohr die einzelnen Oscillationen zählen könnte, um so weniger sicher, je mehr die Aufmerksamkeit gleichzeitig auf eine Erscheinung gerichtet ist, deren Beginn, Verlauf und Ende der Zeit nach bestimmt werden soll. Aber wenn auch das Zählen der Oscillationen an und für sich während des Beobachtens möglich wäre, so würde es doch zur Erleichterung der Beobachtung beitragen, wenn mit dem Zeitmesser eine Einrichtung verbunden wäre, durch welche die in Betracht kommenden Momente, z. B. Anfang und Ende einer Erscheinung, von dem Zeitmesser selbst festgehalten würden. Solche Einrichtungen hat man theils an Chronometern angebracht, so dass die Stellung des Sekundenzeigers in dem Augenblicke, den man zu bemerken hat, nicht durch das Auge oder durch Zählen nach dem Gehör festgestellt wird, sondern durch einen mechanischen Druck, durch welchen die Aufmerksamkeit nicht weiter in Anspruch genommen wird. Bei Bréguet's *compteur à pointage* macht der

Zeiger bei einem Drucke auf den Chronometer einen Punkt. An einer sehr schönen Construction von Winnerl, welche sich in der Sammlung der Kieler Universität befindet, ist der Sekundenzeiger doppelt; es bleibt beim ersten Drucke, also dem Beginn der Beobachtung, einer dieser Zeiger stehen, während der zweite fortschreitet; beim zweiten Drucke, also am Ende der Erscheinung, bleibt der zweite Zeiger stehen, so dass man die verflossene ganze Zeit zwischen der Stellung beider Zeiger ablesen kann; beim dritten Drucke springen beide Zeiger wieder zusammen und gemeinschaftlich bis auf die Stelle, die sie ohne die Arretirung inzwischen hätten erreichen müssen. Dies Winnerl'sche Chronometer zeigt $^1/_{10}$ Sekunden. Noch kleinere Zeitintervalle können durch die Uhren mit Centrifugalpendel markirt werden, wie denn Pfaffius eine solche Uhr construirte, bei welcher durch die Arretation des Zeigers Terzien bezeichnet wurden.

Denselben Zweck erreicht man bei Pendeluhren durch Verbindung derselben mit einem gleichmässig rotirenden Körper und indem man die Beobachtungsmomente mit Hülfe elektrischer Ströme auf dem rotirenden Körper verzeichnen lässt. Instrumente dieser Art heissen Chronoskope und Chronographen; sie können durch Verbindung mit genau gehenden Uhren zu sehr feinen absoluten Zeitbestimmungen, überhaupt aber zur relativen Messung äusserst kleiner Zeitintervalle oder, anders ausgedrückt, zur Messung sehr grosser Geschwindigkeiten benutzt werden.

Eine Hauptrolle bei der grössten Zahl der Chronoskope spielt ein mit gleichmässiger Geschwindigkeit rotirender, bald scheibenförmiger, bald cylindrischer Körper, dessen Verwendung zur Messung sehr kleiner Zeitgrössen zuerst von Th. Young angegeben ist. Zwar hatte schon 1794 Whitehurst einen Apparat zur Messung der Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers angegeben, mittelst dessen bis auf 0,01 Sekunde genau die Zeit bestimmt wurde, indessen war dies mehr eine Art Terzienuhr, deren gleichmässige Drehung durch einen Windflügel bewirkt ward und bei welcher die Zeitmomente durch Zeigerarretirung festgestellt wurden.

In die Kategorie dieses Instrumentes würden gewisse Chronoskope, wie das Wheatstone'sche oder das bessere Hipp'sche u. a. gehören, bei denen ebenfalls ein schnell rotirender Zeiger mit Hülfe elektromagnetischer Ströme arretirt wird.

Die Idee des Th. Young'schen Apparates lässt die Zeichnung *Fig. 87* (S. 645) erkennen. Ein Gewicht P dreht vermittelst eines Schnurlaufes bei seinem Fallen den Cylinder C, an dessen Axe der Centrifugalregulator DE angebracht ist. Die gleichmässige Drehung des Cylinders wird dadurch bewirkt, dass bei grösserer Geschwindigkeit die Massen F und G sich von der Drehungsaxe entfernen und dadurch ihre Reibung auf der Fläche ab vermehrt wird, folglich der Vergrösserung der Geschwindigkeit sehr schnell ein Ziel gesetzt werden würde. Der Schnurlauf ist so angebracht, dass der Cylinder bei der Abwickelung der Schnur langsam nach unten gleitet. Wird nun die Oberfläche des Cylinders mit geschwärztem Papiere überzogen, so würde ein Metallstift H, der durch eine Feder gegen die Oberfläche des Cylinders gedrückt wird, eine gleichmässige Spirale ziehen,

ausser wenn der Stift durch die Hand, oder einen beliebigen Körper, dessen Bewegung gemessen werden soll, momentan verschoben wird. Machte ein solcher Cylinder von 30^{cm} Umfang in 1 Sekunde nur 1 Umdrehung, so würden zwei um 1^{mm} von einander abstehende Punkte in $^1/_{300}$ Sekunde bei dem Stifte vorbeigehen, und zwei vom Stifte gemachte Marken würde man also, wenn man nur Millimeter abmessen wollte, nach Zeitdifferenzen von dreihundertel Sekunden bestimmen können. Durch Vergrösserung des Cylinders und Vermehrung der Umdrehungsgeschwindigkeit hat man ein fast unbegränztes Mittel der feineren Zeiteintheilung, dessen Anwendbarkeit davon abhängig sein wird, ob die zur Bestimmung des Anfangs und Endes der Erscheinung herzustellenden Marken, oder die Bewegungen des Stiftes auch mit einer gleichen Regelmässigkeit bewirkt werden können.

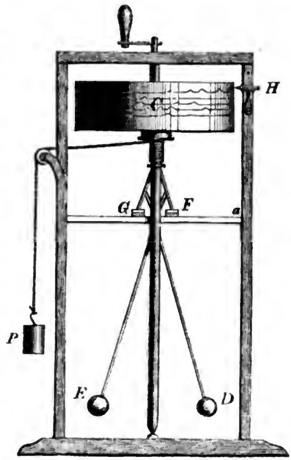


Fig. 87.

Das Princip des Th. Young'schen Instrumentes ist in sehr mannigfaltiger Form bei einer grossen Zahl von Apparaten zur Ausführung gebracht, die für Zeit- oder Geschwindigkeitsmessung in besonderen Fällen bestimmt sind, so z. B. zur Messung der Geschwindigkeit von Geschossen, oder der viel grösseren des Lichtes oder der Elektricität. Dahin gehören nicht allein die Apparate, an denen noch unmittelbar der Young'sche Cylinder erkannt wird, wie die Chronoskope von Bréguet, Gloesener, Brett, Siemens u. A., oder wo er nur durch eine Scheibe ersetzt ist, wie bei Mitchel's Apparat, sondern auch solche, bei denen gewissermaassen nur ideell eine Cylinderfläche, auf der die Zeitmessung stattfindet, von dem rotirenden Körper gebildet wird, wie bei dem Wheatstone'schen rotirenden Spiegel zur Messung der Geschwindigkeit der Elektricität.

Wegen dieser sinnreichen Zeitmessapparate muss auf die betreffenden Abschnitte der Physik, in denen sie Verwendung finden, und auf die Literatur verwiesen werden.

Dagegen sei hier noch kurz der Methode gedacht, wie die Chronoskope benutzt werden können, um nicht allein feine relative, sondern auch absolute Zeitbestimmungen zu geben.

Dächte man sich neben dem rotirenden Körper zwei ganz gleiche Stifte angeordnet, so dass dieselben, wenn sie nicht durch einen Druck abgelenkt werden, zwei parallel neben einander laufende Linien, oder, wie bei Young's Apparat, Spiralen beschreiben. Dächte man ferner den einen dieser Stifte in regelmässigen Intervallen, etwa durch das Pendel einer astronomischen Sekundenuhr bewegt, den anderen aber willkührlich, etwa durch den Druck der

Hand in dem Momente, wo wir den Beginn einer Erscheinung andeuten wollen; so würde die Spirale des ersten Stiftes in regelmässig wiederkehrenden Entfernungen unterbrochen sein, man würde „Uhrsignale“ erhalten, deren Abstände ganzen Sekunden entsprächen, und durch den zweiten Stift erhielte man „Beobachtungssignale“, die in abzumessenden Entfernungen zwischen zwei Uhrsignalen liegen würden. Ist also der Anfang der Uhrsignale nach der Uhr bekannt, so lässt sich an den Uhrsignalen abzählen, wie viel Sekunden nach dem ersten Signale das erste Beobachtungssignal gegeben wurde, und der Moment des letzteren zwischen zwei Uhrsignalen wird durch die Ausmessung nach Bruchtheilen der Sekunde näher zu bestimmen sein. Wichtig ist hierbei offenbar, dass die Verschiebung beider Stifte oder die Herstellung der Marken auf dem rotirenden Körper in beiden Fällen durch die regelmässigen Schwingungen der Uhr bei den Uhrsignalen und durch den Beobachter bei den Beobachtungssignalen in derselben Weise erfolgt, dass die Uhr wirklich stets in demselben Momente, also etwa in der Mitte der Pendeloscillation den Stift bewegt, und der Beobachter ebenso unmittelbar in dem Momente, in welchem er sich des Eintrittes der Erscheinung bewusst wird. Man hat hierzu mit vielem Erfolge und in verschiedener Weise die elektrischen Ströme benutzt und so regelmässige Resultate erhalten, dass derartige Chronoskope auf den astronomischen Sternwarten bereits Verwendung gefunden haben. Von den neueren Constructionen sind die von Ausfeld und von Krille besonders hervorzuheben. Ausfeld lässt durch einen Centrifugalregulator einen Papierstreifen, wie solcher beim Morse'schen Telegraphen benutzt wird, mit gleichförmiger Geschwindigkeit abwickeln. Auf diesem Streifen werden durch einen von einem Elektromagneten bewegten Stifte die Sekundenstriche gezogen, welche vom Pendel einer Uhr in regelmässigen Intervallen unterbrochen werden; durch Schliessung einer Kette kann der Beobachter neben diesen Uhrstrichen von einem zweiten Elektromagneten Punkte verzeichnen lassen.

Krille lässt auf dem Umfange eines geschwärzten und durch ein Uhrwerk in gleichmässige Rotation versetzten Cylinders von einem Stifte ebenfalls durch elektromagnetische Anziehung Linien (Spiralen) ziehen, welche durch das Pendel der Uhr in Sekundenintervallen so unterbrochen werden, dass im Momente der Stromunterbrechung der Stift seitlich ausbiegt, wodurch die Uhrstriche (Sekundenstriche) das Ansehen der Linie *ab* *Fig. 88* erhalten. Ein zweiter, durch

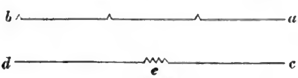


Fig. 88.

elektromagnetische Anziehung gegen den Cylinder gedrückter Stift macht so lange eine unterbrochene der *ab* parallele Linie, bis der Beobachter den Strom unterbricht, was durch den Druck des kleinen Fingers auf eine Rolle, die man in der Hand hält, geschieht; dann wird der Stift ebenfalls momentan ausgerückt und erhält alsdann der Beobachtungsstrich *cd* an solchen Stellen das Ansehen wie bei *e*, wo 4 mal unterbrochen war. Sehr ingeniens ist die Art wie Krille den Strom durch das Pendel unterbrechen lässt, ein Punkt, der bisher grosse Schwierigkeiten darbot. Der Strom geht nämlich durch zwei mit Quecksilber gefüllte Glasröhren, die an der Seite und einander

gegenüber zwei feine Oeffnungen haben; durch diese tritt etwas Quecksilber aus und stellt einen zusammenhängenden Quecksilberfaden her. An dem Pendel ist nun ein feines Glimmerblättchen befestigt, welches bei der Schwingung des Pendels durch den Quecksilberfaden hindurchgeht und für diesen Augenblick den Strom unterbricht, der sich sofort nach dem Durchgange des Glimmerblättchens durch Wiedervereinigung der Quecksilbertropfen wiederherstellt. Dieser Apparat kann leicht an jeder Pendeluhr angebracht werden und giebt vollkommen sicher stets denselben Moment der Stromunterbrechung, weil die Oberfläche des Quecksilbers immer ganz rein bleibt.

Literatur.

a. Taktpendel, Taktmesser, Metronom, Zähler.

Mendham *Mech. Mag.* II. 142. 165. 171 (Taktmesser).
Mälzel's Metronom Allgem. Anz. d. Deutschen 1814, Nr. 74 und 101; *Brev. d'inv.* IX. 15.
G. Weber's Taktmesser in W's allgem. Musiklehre 1831, 8. S. XC.
Finazzi Journ. d. pol. Inst. XIV. 360 (Taktmesser).
Bienaimé Dingl. p. J. XLIV. 111; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1831. p. 475; *Bull. d. sc. techn.* IX. 172 (desgl.).
Fournier *Brev. d'inv.* XXI. 91 (desgl.).
Denizet u. Berrier *Brev. d'inv.* XIV. 102 (*compteur mécanique*).
Robert Dingl. p. J. LII. 6; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1833. p. 295 (Zähler).
Perrelet *Brev. d'inv.* XLVIII. 409 (desgl.).
Dubois ibid. L. 99. (Sekunden-Schlaguhr).
Garnier Hessl. Jahrb. 1844. S. 551; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1844. p. 306 (Zähler).

b. Beobachtungsuhr, *stop watch*, *compteur à pointage*, Terzienuhr. Chronograph. Chronoskop.

Whitehurst *Phil. Trans.* 1794. p. 2.
Th. Young lect. ed. I. p. 190*, ed. II. p. 146*.
Rieussec Dingl. p. J. XCVII. 179*; *Rep. of arts* (2.) XLII. 44; *Brev. d'inv.* XIII. 298; LXVII. 133; *Bull. de la Soc. d'encour.* 1845. p. 139 (Pointiruhr).
Aldini *Bibl. univ. sc. et arts* LI. 77.
Webster *and* Son *Mech. Mag.* XLI. 337. 380.
Jacobi Dingl. p. J. CV. 95*; Pogg. Ann. LXXI. 390* (Uhrwerk mit Windflügel, der in Oel läuft, zur Hervorbringung einer gleichförmigen Bewegung in Vorschlag gebracht).
Wheatstone Pogg. Ann. LXV. 451*; Dingl. p. J. XCVII. 186*; *C. R.* XX. 1554 (erstes elektrisches Chronoskop).
Das Wheatstone'sche Chronoskop, verbessert vom Uhrmacher Hipp. Pogg. Ann. LXXIV. 589*; Dingl. p. J. CX. 184*; CXIV. 255*.
Decher Bestimmung der Constanten eines Hipp'schen Chronoskopes. Dingl. p. J. CXXV. 12*.
Pouillet Pogg. Ann. LXIV. 452*; LXXXIII. 505; Dingl. p. J. XCVI. 196*; *C. R.* XIX. 1384*.
Bréguet u. Konstantinoff Pogg. Ann. LXIV. 459; Dingl. p. J. XCVI. 201*; *C. R.* XX. 157.
Siemens Anwendung des elektrischen Funkens zu Geschwindigkeitsmessungen. Pogg. Ann. LXVI. 435* (1845).
de Brettes *Cosmos* XVI. 683 (1860) und in du Moncel *appl. de l'él.* II. 354; Dingl. p. J. CLXVI. 118* (1862) (elektr. Chronogr. mit konischem Pendel).
Gloesener *appl. de l'électr.* I. 375; Dingl. p. J. CLXIV. 40*.
Navez in du Moncel *appl.* II. 347; *Journal des armes spéc.* 1853. p. 145.
H. Ausfeld's Chronoskop u. a. ähnliche Instr. s. *Report. by the jurors internat. exhib.* 1862. London 1863. Cl. XIII. p. 89*.
Ebendas. p. 90* die Krille'sche Einrichtung eines Chronographen, welche in dem preuss. amtl. Berichte irrthümlich Ausfeld zugeschrieben ist.
Helmholtz Myographion in Wiener akad. Sitzungsber. 1862 u. in Gloesener *appl. de l'él.* I. 403.
Ueber Geschwindigkeitsmessung s. überhaupt:
Siemens Jahresb. der phys. Ges. in Berlin I. 47* (1845).
G. Karsten Kieler allgemeine Monatsschrift für Wissensch. u. Liter. 1851. S. 424* ff. 357* ff.
Dub Anwendung des Elektromagnetismus. S. 209* ff. S. 548* ff.
Helmholtz üb. die Methode, kleinste Zeittheile zu messen. Müller's Archiv 1852.

Kapitel IV.

Zeit- und Orts-Bestimmung.

Erster Abschnitt.

Allgemeines über die Hülfsmittel, ihren Zusammenhang und ihre Werthbestimmung.

§. 189. Die Wahl des Zeitmaasses.

Zur genauen Bestimmung der Zeit ist eine Zeitmessung und daher, wie bei allen Messungen, ein unveränderliches Grundmaass als Einheit erforderlich. Da die Zeitgrössen überhaupt nicht anders als ohne Unterbrechung gleichförmig wachsend gedacht werden können, so lässt sich zur Messung der Zeit die Beobachtung einer gleichförmigen Bewegung anwenden. Vergebens würde man eine Bewegung in den unmittelbaren Erscheinungen der Körper auf der Erde suchen, von der man überzeugt sein könnte, dass sie vollkommen gleichförmig sei. Der Lauf der Flüsse z. B. ist nicht gleichförmig und die Bewegungen des Luftkreises sind es noch weniger. Den Abschluss eines grössern Zeitraums, des Jahres, finden wir freilich bei einigen Völkern von unmittelbaren Wahrnehmungen abhängig gemacht, bei den Hebräern z. B. von der Reife der Gerste, bei den Aegyptern von der Erscheinung des Sirius, bei den Südseebewohnern von der Fruchtreife des Brotbaums u. s. w., jedoch nur als eines der Hülfsmittel, dessen Ungenauigkeit man hinnehmen konnte, da eine Ausgleichung zu erwarten und eine beständige Anhäufung der Fehler nicht zu befürchten war. Kleinere Zeitabschnitte zu messen dienten zunächst künstliche Vorrichtungen zum möglichst gleichmässigen Abfliessen des Wassers oder Sandes aus Gefässen, also die Schwerkraft; ferner die Elasticität in den Schwingungen einer Feder und endlich wieder die Schwerkraft in Pendelschwingungen und Rotationsapparaten. Zur Prüfung aber, wie gleichförmig die so erzielte Bewegung und somit, wie genau das Zeitmaass sei, bedarf es immer noch einer Vergleichung mit einer vollkommen gleichförmigen Bewegung. Ob eine solche vollkommene Gleichförmigkeit in einigen Himmelserscheinungen anzutreffen sei, konnte dadurch geprüft werden, dass bei zunehmender Genauigkeit der Apparate eine immer nähere Uebereinstimmung mit den periodisch wiederkehrenden Erscheinungen des Himmels erfolgte, nachdem diese selbst von gewissen scheinbaren Unregelmässigkeiten befreit wurden, sobald man die Ursache derselben erkannt hatte und von dem, was darin wirklich gleichförmig sei, überzeugt wurde. Dies führte zu dem Ergebniss, dass zunächst die tägliche scheinbare Umdrehungsbewegung des Himmels, also die Umdrehung der Erde, eine so vollkommen gleichförmige Bewegung sei, dass darin wenigstens noch niemals die geringste Unregelmässigkeit durch Beobachtungen erkannt werden konnte. Uebrigens war die Beobachtung der Himmelserscheinungen für die Zeitmessung schon durch die täglich wiederkehrenden Beziehungen zum Erdenleben geboten, und nicht nur durch die sonst nirgends sichtbare Gleichförmigkeit einer Bewegung; denn man liess sich selbst ungleiche Zeitmaasse gefallen, wie die ungleichen Tageslängen,

welche im Alterthume für den bürgerlichen Gebrauch in 12 gleiche Stunden eingetheilt wurden, also Stunden oder Zeitmaasse von verschiedener Länge in den verschiedenen Jahreszeiten. Der wissenschaftliche Gebrauch erforderte dagegen ein unveränderliches Zeitmaass, wozu sich aber nichts einfacheres und genaueres als die Umdrehungszeit der Erde darbot. Man nennt diesen Zeitraum im Allgemeinen den Tag, eigentlich Tag und Nacht zusammen, wofür wir kein besonderes Wort haben, wie es die Griechen hatten (*νυχθήμερον*) und wie es sich noch im Holländischen (*Etmaal*) und dadurch im nautischen Gebrauche findet. Die Hälfte dieses Zeitraums wird nach der Duodecimaltheilung in Zwölftel oder Stunden getheilt und in der ferneren Zerlegung haben wir noch die Sexagesimaltheilung der Alten in Minuten, Sekunden, auch wohl Tertien; doch ist es üblicher geworden, bei den Sekunden die Decimaltheilung anzufangen.

§. 190. Sterntag, wahrer Sonnentag, mittlerer Sonnentag.

Wenn auch ein so einfacher Begriff, wie die unveränderliche Dauer der Umdrehung eines Körpers um eine feste Axe, keine verschiedenen Deutungen zulässt, so ändert sich doch die Auffassung desselben in Beziehung auf die Erde schon, weil sie zugleich eine Bewegung um die Sonne hat. Nimmt man dabei vorläufig die Lagen der Erdaxe als vollkommen einander parallel an, was zur einfachen Erklärung der Jahreszeiten genügt, so lässt sich zunächst die Rotation der Erde so auffassen, wie sie sich in Beziehung auf einen äusseren, unendlich entfernten Punkt (wofür ein Fixstern genommen werden kann) darstellt. Diese Rotationsdauer wäre dann der „Sterntag“. Er liesse sich beobachten, indem man die beliebige Richtung eines Fixsternes für einen bestimmten Moment auffasste und feststellte, und die nächste Rückkehr desselben Fixsternes zu dieser Richtung abwartete. Bezieht man dagegen die Rotationsdauer der Erde auf die Rückkehr einer Erdmeridianebene zu der Linie, welche Sonne und Erde verbindet, so hat man den „Sonnentag“. Diese „wahren Sonnentage“ müssen indessen von etwas ungleicher Länge werden, theils weil die Erde selbst sich mit ungleichförmiger Geschwindigkeit um die Sonne bewegt, theils auch schon wegen der schrägen Lage, welche die Rotationsaxe gegen die Ebene der Erdbahn einnimmt. Da solche Ungleichheiten aber im Laufe eines jeden Jahres wiederkehren, so ist man zu dem Begriffe des „mittleren Sonnentages“ übergegangen, womit man die Durchschnittslänge oder die mittlere Dauer des Sonnentages bezeichnet. Mit andern Worten: der mittlere Sonnentag ist die Rotationsdauer der Erde in Beziehung auf die Rückkehr zur Verbindungslinie mit der Sonne, wenn die Erde sich in der Ebene ihrer Bahn gleichförmig im Kreise bewegte und die Rotationsaxe auf dieser Ebene senkrecht stände.

Als unveränderliches Grundmaass oder Einheit der Zeit wird daher der mittlere Sonnentag gebraucht. Seine Unterabtheilungen heissen Stunden, Minuten und Sekunden der „mittleren Zeit“. Die Dauer des wahren Sonnentages ist im Maximum $24^h\ 0'\ 30''$ mittlere Zeit am 23. December, und im Minimum $23^h\ 59'\ 39''$ mittlere Zeit am 17. September. Die Dauer des Sterntages beträgt $23^h\ 56'\ 4'',09$ mittlere Zeit und da dies mit 24 Stunden „Sternzeit“ übereinkommt, so ist auch umgekehrt die Länge des mittleren Tages oder 24 Stunden

mittlere Zeit $= 24^h\ 3'\ 56'',56$ Sternzeit. Diese Verhältnisse ergeben sich schon aus der einfachen Vergleichung, dass die Jahreslänge oder $365\frac{1}{4}$ mittlere Tage $= 366\frac{1}{4}$ Sterntagen sein müsse, weil während des Umlaufes der Erde um die Sonne genau eine Umdrehung der Erde mehr um ihre Axe in Beziehung auf die Fixsterne erfolgt, in ähnlicher Weise, wie bei einer Reise um die Erde nach Osten die fortgezählten Tage bei der Rückkehr genau einen Tag mehr betragen müssen, als am Abgangsorte. Aus dem Obigen folgt also 1 mittlerer Tag $= \frac{366\frac{1}{4}}{365\frac{1}{4}} = 1{,}002738 = 1$ Tg. $0^h\ 3'\ 56'',56$ Sternzeit und durch Division mit 24 wird 1 Stunde mittlere Zeit $= 1^h\ 0'\ 9'',86$ Sternzeit. Uebrigens ist die Anwendung der genaueren Jahreslänge $= 365{,}24222$ mittleren Tagen $= 366{,}24222$ Sterntagen hier zwar erforderlich, aber eine Aenderung derselben offenbar von sehr geringem Einfluss.

§. 191. Der Anfang der verschiedenen Tage. Die Zeitgleichung. Die Jahreszeiten.

Um den Anfang des Sterntages nicht von einem bestimmten Fixsterne abhängig zu machen, bedarf man schon einer allgemeinen Anfangsrichtung. Man hat dazu die Linie gewählt, welche senkrecht zur Rotationsaxe in der Ebene der Erdbahn liegt, und nennt sie die Linie der Tag- und Nacht-Gleiche (Gleichheit), weil das Zusammenfallen dieser Linie mit derjenigen, welche Erde und Sonne verbindet, nur im Frühlings- oder Herbst-Anfange stattfinden kann. Um nichts unbestimmt zu lassen, wird zur Anfangsrichtung nur diejenige Richtung gewählt, welche die Sonne zur Zeit des Frühlingsanfangs hat. Jede damit parallele Linie behält dieselbe Bedeutung als Anfangsrichtung. Der Ort selbst, wohin diese Richtung zeigt, ist der s. g. „Frühlingspunkt“ oder „Widderpunkt“ (erster Punkt des Widders) und der entgegengesetzte der „Herbstpunkt“. Beide sind die „Aequinoctialpunkte“.

Der Sterntag beginnt also, wenn die obere Meridianebene eines Ortes sich in dieser Richtung befindet, mit anderen Worten, wenn der Frühlingspunkt durch den Meridian geht, und dauert bis zur nächsten Rückkehr desselben Punktes. Ebenso beginnt der wahre Sonnentag mit dem Eintritte der Sonne in die obere Meridianebene (wahrer Mittag) und dauert bis zum nächsten Eintritte in dieselbe. Endlich soll der „mittlere Mittag“ oder der Beginn des mittleren Tages stattfinden bei dem Eintreten der „mittleren Sonne“ (welche die mittlere Zeit zeigt) in den oberen Meridian. Hierbei ist noch etwas willkührliches festzusetzen, wo nämlich die im Laufe eines Jahres sich ausgleichende Bewegung der mittleren und wahren Sonne zusammen anfangen soll. Man ist (seit Flamsteed) übereingekommen, es so anzunehmen, dass zu der Zeit, wo die wahre Sonne sich in der Erdnähe befindet, ihr Abstand (Winkel) vom Frühlingspunkte, also ein Winkel in der Ebene der Erdbahn dem Winkel gleich sei, welchen die mittlere Sonne (in der Ebene des Aequators) mit derselben Anfangsrichtung bildet. Die Ungleichheit der wahren Sonnentage häuft dann eine Summe von Abweichungen von den mittleren Tagen bis zu einem gewissen Maximum an, worauf eine Abnahme erfolgt bis zum Verschwinden der Unterschiede, dann ein

Uebergehen auf die entgegengesetzte Seite u. s. w. Der ganze Unterschied selbst zwischen der jedesmaligen „wahren“ und „mittleren Zeit“ (nicht zwischen den einzelnen wahren und mittleren Tagen) ist die „Zeitgleichung“. Ihre Vertheilung im Laufe des Jahres ergiebt sich aus folgender Uebersicht:

	Maxima und Minima der Zeitgleichung.	Mittlere Zeit im wahren Mittage.
11. Februar	+ 14′ 34″	0h 14′ 34″
15. April	0 0	0 0 0
14. Mai	— 3 54	23 56 6
15. Juni	0 0	0 0 0
26. Juli	+ 6 10	0 6 10
1. September	0 0	0 0 0
2. November	— 16 18	23 43 42
24. December	0 0	0 0 0

Hiernach verschwindet die Zeitgleichung viermal im Jahre und viermal erreicht sie ein Maximum oder Minimum. Das Verschwinden findet statt, wenn die beiden Gründe der Ungleichheit der wahren Sonnentage bei der übereingekommenen Art, die mittleren Tage zu rechnen, eine Aufhebung der Unterschiede zwischen wahrer und mittlerer Zeit bewirken. Man hätte auch die Einrichtung so treffen können, dass die Zeitgleichung etwa immer positiv geworden, also die mittlere Zeit beständig vor der wahren Zeit voraus wäre, allein es würde den Betrag der Zeitgleichung ohne erheblichen Vortheil vergrössert haben. Ein Entwurf dazu, von Chr. Huygens stammend, findet sich übrigens im 4. Bande der *Philos. Transact.* p. 937 (Mai 1669), wo die Zeitgleichung Null gesetzt wird im Anfange des Februar und ihr Maximum gegen das Ende des Oktobers 31′ 55″ erreicht. Der Zweck war, die Verschiedenheit der Zeichen zu vermeiden für den nautischen Gebrauch. Die gegenwärtige Art der Einrichtung der Zeitgleichung wurde seit dem J. 1672 allgemein gebräuchlich, wo Flamsteed eine Abhandlung darüber im Anhange der Werke von Horrox gab.

Eine langsame Aenderung der Zeitgleichung wird noch durch die Aenderung der Jahreszeit entstehen, wo die Erde sich in der Sonnennähe befindet, welches gegenwärtig auf den 31. December trifft. Im J. 1487 dagegen fiel diese Zeit z. B. auf den 16. December (a. St.) nach den Beobachtungen von Bernhard Walther zu Nürnberg. Der Grund dieser Aenderung liegt theils in der Bewegung der Aequinoctialpunkte, theils in der wirklichen fortschreitenden Drehung der Linie („Apsidenlinie“), welche Sonne und Erde zu der Zeit der Sonnennähe oder Sonnenferne verbindet. Die Entdeckung dieses „Fortschreitens der Apsidenlinie“ der Erdbahn ist von dem Araber Albategnius (im 9. Jahrh.) gemacht. Der Betrag ist nach den neueren Bestimmungen 11¼ Sekunden jährlich.

Die vier Jahreszeiten werden bestimmt durch die Stellung der Erdaxe gegen die Verbindungslinie zwischen Sonne und Erde. Ist dieser Winkel ein rechter, so ist es Frühlings- oder Herbst-Anfang. Findet die grösste Abweichung vom rechten Winkel statt, so beginnt der Sommer oder Winter, je nachdem der nördliche oder südliche Erdpol mehr der Sonne zugewandt ist. Die Jahres-

zeiten werden von etwas ungleicher Länge, weil die Sonne nicht genau in der Mitte der Erdbahn steht, und die Bewegung der Erde auch nicht gleichförmig ist. Bei der gegenwärtigen Lage der Apsidenlinie vertheilen sich die Längen der Jahreszeiten, wie folgt:

Frühling	92	Tage	22	Stunden,
Sommer	93	„	14	„
Herbst	89	„	17	„
Winter	89	„	1	„

so dass Frühling und Sommer zusammen 186 Tage 12 Stunden, also fast 8 Tage länger, als die Summe von Herbst und Winter (178 Tage 18 Stunden) sind.

§. 192. Bewegung der Aequinoctialpunkte. Vorrücken der Nachtgleichen. Tropisches, siderisches und anomalistisches Jahr. Das Mondjahr. Die verschiedenen Monate. Nutation der Erdaxe. Geringe Veränderlichkeit des Sterntages.

Die Aequinoctialpunkte wurden definirt als diejenigen unendlich entfernt gedachten Punkte in der Ebene der Erdbahn, wohin eine Linie zeigt, welche zur Rotationsaxe der Erde senkrecht ist. Man bedurfte einer solchen Linie, um eine feste Richtung zur Orientirung zu haben. Allein die Beobachtungen liessen erkennen, dass diese Richtung selbst sich langsam verändere, wie zuerst Hipparch (etwa 140 v. Chr.) entdeckte, und zwar in der Weise, dass die Lage der Fixsterne gegen die Ebene der Erdbahn (Ekliptik), also die s. g. Breite der Fixsterne sich nicht verändere, sondern nur die Länge derselben oder ihr Abstand vom Frühlingspunkte auf der Ekliptik gemessen in der Richtung der Bewegung der Erde um die Sonne. Diese Veränderung zeigte sich als Zunahme der Länge bei allen Fixsternen von gleicher Grösse. Es ist also damit angedeutet, dass die Ebene der Erdbahn sich nicht verändert habe, sondern der Erdkörper noch eine zweite, wenn auch viel langsamere Rotation besitzt, um eine andere Axe, die senkrecht zur Ebene der Erdbahn stehen muss, und dass die Richtung dieser neuen Rotationsbewegung der jährlichen Bewegungsrichtung der Erde um die Sonne entgegengesetzt ist. Der Winkel aber zwischen der Ekliptik und dem Aequator, die „Schiefe der Ekliptik“, blieb dabei noch ohne wahrnehmbare Veränderung. Die Axe der täglichen Rotation der Erde ändert also, statt parallel zu bleiben, langsam ihre Richtung, indem sie selbst einen Kegel beschreibt, und aus dem jährlichen Betrage von 50″,2 dieser Winkelbewegung ergiebt sich für die völlige Vollendung derselben zu 360 Graden der grosse Zeitraum von 25800 Jahren. In Folge dieses Zurückweichens der Aequinoctialpunkte gelangt die Erde offenbar eher wieder zu der Stelle der Tag- und Nachtgleiche, als der völlige Umlauf in ihrer Bahn abgeschlossen ist, und zwar um so viel als Zeit erforderlich ist, den obigen Winkel von 50″,2 zu beschreiben. Da nun die mittlere Winkelbewegung der Erde um die Sonne 59′ 8″ in einem Tage beträgt, so gehören 20′ 23″ Zeit zur Beschreibung von

50'',2. Demnach wird die Wiederkehr des Frühlingsanfangs um 20' 23'' früher eintreten, als es ohne diese Bewegung der Fall wäre. Man nennt daher diese Quantität, und gewöhnlich auch die jährliche Bewegung von 50'',2 der Aequinoctialpunkte selbst, das „Vorrücken der Nachtgleichen" oder die „Präcession". Die Jahreslänge, bezogen auf die Rückkehr zu den Aequinoctialpunkten, ist dann das „tropische Jahr", dessen Länge 365,24222 Tg. = 365 Tg, 5^h 48' 48'' mittlerer Zeit beträgt. Die volle Umlaufszeit der Erde um die Sonne dagegen oder das siderische Jahr ist 365,25638 Tg. = 365 Tg. 6^h 9' 11'' mittlerer Zeit, und der Unterschied dieser beiden Jahreslängen ist wieder der obige Betrag von 20' 23'' für das Vorrücken der Nachtgleichen. Eine dritte, weniger in Anwendung kommende Jahreslänge ist die des „anomalistischen Jahres", welches sich auf die Rückkehr der Erde zu ihrer Apsidenlinie bezieht. Es ist um so viel länger, als das siderische Jahr, wie das jährliche Fortschreiten der Apsidenlinie von $11^1/_4$ Sekunden erfordert. Das anomalistische Jahr wird demnach 365 Tg. 6^h 13' 45''.

Das Mondjahr umfasst den für die Chronologie wichtigeren Zeitraum von 12 Umläufen des Mondes um die Erde, bezogen auf die Wiederkehr zur Sonne, also von 12 „synodischen" Umläufen = 354 Tg. 8 Std. 48' 35'' mittlere Zeit. Der 12. Theil hiervon ist die Länge des „synodischen Monats" = 29 Tg. 12^h 44' 3'' *). Die eigentliche Umlaufszeit des Mondes um die Erde, oder der „siderische Monat" beträgt 27 Tg. 7 Std. 43' 11'',5. Die tropische Umlaufszeit, also in Beziehung auf die Rückkehr zu den Aequinoctialpunkten oder der „tropische Monat" ist 27 Tg. 7 Std. 43' 4'',7. Ferner ist die Länge des „anomalistischen Monats" oder die Zeit der Wiederkehr des Mondes zur Erdnähe = 27 Tg. 13^h 18' 37''. Endlich wird die Umlaufszeit des Mondes in Beziehung auf die „Knotenpunkte", oder die Punkte des Durchschnitts von Erd- und Mond-Bahn, der draconitische oder „Drachenmonat" genannt, = 27 Tg. 5^h 5' 36''. Der Name entstand aus der alten Bezeichnung der Knotenpunkte als Drachenkopf und Drachenschwanz.

Die „Nutation" besteht in einer kleinen elliptischen Bewegung der Erdaxe um ihre mittlere Richtung, wovon die grösste Abweichung 9'',2 beträgt (Nutationsconstante). Die Richtung dieser rotirenden Bewegung geschieht in demselben Sinne, wie die Präcessionsbewegung der Erdaxe. Sie unterbricht also

---

* Schon Ptolemäus giebt die Länge des synodischen Monats = 29 Tg. 12^h 44' $3^1/_3$'' aus Vergleichung von Finsternissen. Nach Hansen's Tafeln ist sie = 29 Tg. 12^h 44' 2'',9. Die Dauer des periodischen oder siderischen Monats giebt Ptolemäus zu 27 Tg. 7^h 43' $7^1/_4$'', also nur 2 bis 3'' zu gross.

Eine bemerkenswerthe Periode für die Chronologie ist der Zeitraum von $6585^1/_3$ Tagen (χρόνος περιοδικός, *Almag.* IV. 2. p. 216 Halma's *Edit.*) oder von 18 Jahren und 10 oder 11 Tagen, je nachdem 5 oder 4 Schaltjahre darin sind. Es soll die Dauer von 223 synodischen Monaten sein, also eigentlich 6587 Tg. 7^h 42' 35'' umfassen. Das giebt sehr nahe zugleich 242 draconitische Monate (weniger 51 Minuten) und daher werden die Finsternisse nach diesem Zeitraum beinahe in derselben Ordnung und Grösse wiederkehren. Auch Plinius (*Hist. nat.* II. 10) macht die Bemerkung (wie die Stelle von Halley emendirt ist), dass nach 223 Monaten die Finsternisse ihren Kreislauf abschliessen. Die Periode wird daher auch die des Plinius, oder gewöhnlich die Chaldäische Periode (auch *Saros i. e. Restitutio*) genannt. Schon Hipparch verbesserte die Chaldäische Periode, indem er genauer 5458 periodische Monate = 5923 dracon. setzte, welches ungefähr auf 441 Jahre und 103 Tage hinauskommt. Um die kürzere Chaldäische Periode in runden Zahlen zu haben, hatte man sie verdreifacht und nannte diesen Zeitraum die Evolution (ἐξελιγμός).

das regelmässige Fortschreiten der Präcession und hat eine Periode von $18^{3}/_{5}$ Jahren, in welcher zugleich die Mondbahn in ihre ursprüngliche Lage zurückkehrt, woraus sofort auf diese wechselnde Lage der Mondbahn als Ursache der Nutation hingewiesen wurde. Die Nutation wurde von BRADLEY aus seinen Beobachtungen entdeckt, die zu Wansted in den Jahren 1727 bis 1745 angestellt waren.

Schon vermöge der Präcession ist die Zeit der Rückkehr zu demselben Fixsterne nicht ganz identisch mit der absoluten Rotationszeit der Erde, und wenn man den Sterntag genauer auf die Rückkehr zum Aequinoctialpunkte bezieht, so tritt doch vermöge der Nutation eine kleine Ungleichförmigkeit des Sterntages ein, so dass man auch hier zu dem Begriffe eines mittleren oder durchschnittlichen Werthes übergehen müsste, um die Definition einer unveränderlichen Grösse als Zeitmaass festzustellen, wofür indessen schon der mittlere Sonnentag allgemein angenommen ist.

§. 193. Veränderlichkeit des tropischen Jahres. Constanten der Präcession und Nutation.

Die Präcession wurde von NEWTON (1687) erklärt als eine Folge der ungleichen Anziehungen, welchen der Erdkörper, als abgeplattetes Sphäroid betrachtet, vom Monde sowohl als von der Sonne unterworfen ist. DALEMBERT (1749) entwickelte auch die Nutation durch weitere Verfolgung derselben Untersuchungen. Neben den Einwirkungen des Mondes und der Sonne wurden endlich auch die der Planeten in Rechnung gezogen. Sie ändern die Lage der Erdbahn etwas ab im Verlaufe sehr langer Perioden. Mit Rücksicht hierauf hat man die „allgemeine Präcession“ zum Unterschiede von der „Lunisolaren Präcession“, welche letztere ohne Rücksicht auf die Einwirkung der Planeten berechnet ist. Da die Lage der Planetenbahnen sich allmählig ändert, so erhalten die Aequinoctialpunkte damit eine etwas andere Bewegung. Die Rückkehr der Sonne zu den Aequinoctialpunkten bestimmt aber die Länge des tropischen Jahres. Eine Folge hiervon ist, dass z. B. zu HIPPARCH's Zeiten das tropische Jahr etwa 10″ länger als gegenwärtig war (LAPLACE, *Méc. cél.* T. III. p. 158). Die jährliche Abnahme der gegenwärtigen Länge des tropischen Jahres ist nach HANSEN und OLUFSEN's Sonnentafeln (*Tables du Soleil*, Copenh. 1853) $= 0'',005392$. BESSEL berechnete die Länge des Jahres (Astr. Nachr. Nr. 133) $= 365$ Tg. 5 Std. $48'\ 47'',81 - t \cdot 0'',00595$, wo t die seit 1800 verflossenen Jahre bezeichnet. Nach HANSEN ist diese Jahreslänge 1″,39 kürzer, nach LEVERRIER nur um 0″,09 ebenfalls kürzer.

Die Constanten der Präcession (nach BESSEL) und der Nutation (nach PETERS) sind folgende, wobei t die seit 1750 verflossenen Jahre bezeichnet:

$$\text{Jährliche lunisolare Präcession} = 50'',3756 - 0'',00024358 \cdot t$$

$$\text{Jährliche allgemeine Präcession} = 50'',2114 + 0'',00024430 \cdot t$$

Nutationsellipse: halbe gr. Axe = 9″,2231, halbe kl. Axe = 6″,8650 für d. J. 1800
9 ,2240 6 ,8683 „ „ „ 1900.

§ 194. Die Aberration des Lichtes im Allgemeinen. Gleichförmige Geschwindigkeit des Lichtes. Constante der Aberration.

Schon vor der Entdeckung der Nutation bemerkte Bradley eine weit beträchtlichere Ortsveränderung der Fixsterne, welche in der Periode eines Jahres vollzogen wird (*Phil. Trans.* 1728). Diese Erscheinung der „Aberration" besteht darin, dass jeder Fixstern eine Figur zu beschreiben scheint, parallel und ähnlich der Erdbahn, wie sie von verschiedenen Standpunkten gesehen sich darstellen würde. Die Figur erscheint nämlich als Kreis, als Ellipse oder als gerade Linie, je nachdem die Gesichtslinie nach dem Fixsterne senkrecht über der Erdbahn, oder schräge gegen dieselbe, oder genau in der Erdbahn liegt, wenn auch die Erdbahn selbst als völlig kreisförmig angenommen wird. Zur Erklärung dieser Aberration benutzte Bradley die Entdeckung der allmähligen Fortpflanzung des Lichtes durch Ole Römer (1675) welche dieser aus Beobachtungen mit Cassini in Paris über die Ungleichheiten in der Wiederkehr der Verfinsterungen der Jupiterssatelliten erkannt hatte. Hiernach musste das Licht über 7 Minuten Zeit gebrauchen, um von der Sonne zur Erde zu gelangen, denn die Umlaufszeiten der Satelliten waren schon durch ihre häufige Wiederholung sehr genau bestimmt. Statt aber regelmässig in den Verfinsterungen wiederzukehren, zeigten sie eine allmählige Verzögerung, je weiter die Erde vom Jupiter sich entfernte, und eine Beschleunigung erst wieder mit der Annäherung. Die gleichmässige Vertheilung im Jahre erforderte die Annahme, dass das Licht selbst nicht augenblicklich sich fortpflanze, sondern zum Durchlaufen des Durchmessers der Erdbahn über 14 Minuten Zeit gebrauchen müsse. Die Vorsicht, das Licht nicht sogleich nach mechanischen Grundsätzen behandeln zu wollen, scheint aber Römer, Huygens und Newton zurückgehalten zu haben, die weiteren Consequenzen daraus zu ziehen und mit der Theorie vorauszueilen. Erst 50 Jahre nach Römer's Entdeckung kam Bradley darauf zurück. Die Erscheinung der Aberration erklärte sich nun aus dem Verhältnisse der Geschwindigkeit des Lichtes zur Geschwindigkeit der Erde. Um den Vorgang zu versinnlichen, gebrauchte schon Clairaut den senkrechten Fall von Tropfen in einer Röhre, Maupertuis die Richtung der Jagdflinte beim Schiessen der fliegenden Vögel. Soll z. B. der senkrecht fallende Tropfen durch ein Rohr gehen, ohne anzustossen, während das Rohr parallel mit sich selbst fortbewegt wird, so muss es offenbar so schräge gehalten werden, dass der Tropfen und das untere Ende des Rohres zugleich in demselben Punkte anlangen. Und wenn G die mittlere Geschwindigkeit des Tropfens ist, g die Geschwindigkeit des Rohrs, so wird $\frac{g}{G}$ die Tangente des Winkels, um welchen das Rohr von der senkrechten Richtung abweichen muss, um den Tropfen durchzulassen. Auf die Länge des Rohrs wird es dabei nicht ankommen, wenn die beiden Geschwindigkeiten geradlinig und gleichförmig sind.

Aehnlich lässt es sich bei den Fixsternen denken, deren Strahlen wir als parallel ansehen können, wo die Erde sich auch in ihrer Bahn befinden möge. Dann wird jeder Stern immer um so viel vor seiner wahren Richtung voraus

erscheinen, wie das Verhältniss der Geschwindigkeiten zwischen der Erdbewegung und der Lichtfortpflanzung angiebt. Die Geschwindigkeit des Lichtes war schon aus den Jupiterssatelliten zu bestimmen und zeigte sich etwa 10 tausend mal schneller als die Bewegung der Erde bei ihrem Laufe um die Sonne. Der Winkel, dessen Tangente $= \frac{1}{10000}$ ist, wird 20 Sekunden (Constante der Aberration). Ein Fixstern in der Ebene der Erdbahn muss demnach um 20 Sekunden im Sinne der Erdbewegung voraus erscheinen, so lange die Richtung der Erdbewegung senkrecht gegen die Richtung des Lichtstrahls ist. Bei nicht mehr senkrechtem Stande wird dieser Betrag des Aberrationswinkels kleiner werden, und wenn beide Richtungen zusammenfallen, also zweimal im Jahre, muss die Aberration in diesem Falle verschwinden. Bei jedem anders gelegenen Fixstern kann man zur Vereinfachung etwa durch die Sonne die Richtung der wahren parallelen Gesichtslinien zum Sterne als feste Axe eines Kegels denken, wodurch der mittlere Ort des Sternes gegeben ist, und ferner die jedesmalige scheinbare Richtung anlegen als Seitenlinien dieses Kegels, woraus folgt, dass die beschriebene Figur im Allgemeinen eine Ellipse sein wird, die sich in einem Kreis von 20″ Halbmesser verwandelt, wenn die wahre Richtung des Sternes genau senkrecht über der Erdbahn steht. Ein solcher Stern scheint also um den Pol dieser Ebene (Pol der Ekliptik) einen Kreis zu beschreiben, dessen Umfang er nie verlässt. Sind innerhalb dieses kleinen Kreises noch andere Sterne sichtbar, etwa einer im Mittelpunkte desselben, also im Pole der Ekliptik selbst, so würde dies doch vermöge der Aberration nur einmal im Jahre genau zutreffen, nämlich wenn die Aberrationsellipse dieses Sternes, welche hier noch sehr wenig vom Kreise verschieden wäre, ihn durch den Pol der Ekliptik als scheinbaren Ort führt. Ueberhaupt wird es nach dem Obigen für jeden Stern eine eigene Aberrationsellipse geben, deren grosse Axe (40″) parallel zur Ekliptik liegt, und deren kleine Axe gleich der grossen multiplicirt mit dem Sinus der Breite des Sternes ist. Die Erscheinung der Aberration hat man füglich eine Abspiegelung der Bewegung der Erde nennen können, wie man auch darin einen directen Beweis für diese Bewegung der Erde um die Sonne erkannt hat, da die allmählige Fortpflanzung des Lichtes aus andern Gründen schon erwiesen war, und die Aberrationserscheinung nun auch der Quantität nach erfolgen musste, wenn nicht die Erde ruhen sollte.

Wird statt eines Fixsternes die Sonne gedacht, so bleibt die Richtung der Gesichtslinie immer beinahe senkrecht zur Bewegungsrichtung der Erde und stets in demselben Sinne, während bei einem Fixsterne in der Ekliptik die zweite Jahreshälfte hindurch die Richtung der Erde eine entgegengesetzte ist. Die Aberration für die Sonne ist also einfach gleich der Aberrationsconstante, oder die Sonne erscheint immer ihrem wahren Orte um 20 Sekunden voraus in Beziehung auf die Bewegungsrichtung der Erde. Von der Sonne gesehen, würde umgekehrt die Erde immer um 20 Sekunden zurück gegen ihre wahre Richtung erscheinen, oder die Erde könnte immer nur dort gesehen werden, wo sie 8 Minuten vorher gewesen war. Dasselbe lässt sich in Beziehung auf den scheinbaren Lauf der Sonne am Fixsternhimmel sagen, und wenn diese

Richtung mit „links“ bezeichnet ist, so wird die Aberration nach „rechts“ wirken, oder von dem wahren Sonnenorte sind 20″ abzuziehen, um den scheinbaren zu erhalten.

In gleicher Weise ist die Aberration leicht zu berücksichtigen, wenn der beobachtete Körper eine eigene Bewegung hat, wie die Planeten und Kometen, denn in diesem Falle lässt sich wieder die Sache darauf zurückführen, dass der gesehene Körper nicht in der Richtung ist, wo er erscheint, sondern immer dort, wo er vor der Zeit war, die das Licht gebraucht, um zu uns zu gelangen.

Auch die Rotationsbewegung der Erde muss eine geringe Aberration bewirken. Diese „tägliche Aberration“ wird aber wegen der verhältnissmässig langsamen Bewegung, welche selbst für einen Punkt des Erdäquators etwa 1500 Fuss in der Sekunde oder den 64sten Theil der Fortbewegung der Erde (4 Meilen in 1″) beträgt, auch nur den 64sten Theil der Aberrationsconstante, also nur ungefähr $1/_3$ Sekunde ausmachen.

Bradley erhielt schon aus seinen Fixsternbeobachtungen 8 Min. 13 Sek. (*Phil. Trans.* 1728, Nr. 406) für die Zeit, in welcher das Licht die Entfernung = 1 oder die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne durchläuft. Delambre zog aus den Beobachtungen der Jupiterssatelliten fast genau dasselbe Resultat, nämlich 8′ 13″,15, mithin auch die Aberrationsconstante = 20″,255 (Delambre, Astron. 1814, T. III. p. 106 und 121). Die neuere Bestimmung von Struve aus Fixsternbeobachtungen (1843) giebt 8′ 17″,78 ± 0″,27 und die entsprechende Aberrationsconstante = 20″,4451 ± 0″,0111. Demnach wurde die Geschwindigkeit des Lichtes in 1″ mittlere Zeit = 41518 geogr. Meilen ± 22 M.

§. 195. Veränderung der Schiefe der Ekliptik.

Die Veränderungen der Schiefe der Ekliptik oder des Winkels, um welchen die Erdaxe von der senkrechten Stellung zur Erdbahn abweicht, sind theils von kürzerer Periode (periodische Aenderungen), theils durch längere Zeiträume von Jahrhunderten fortschreitend (säculare Aenderungen). Schon Newton sagte eine periodische Aenderung vorher (*Princip.* 1687. Lib. III. Prop. XXI), wenn auch die am wenigsten beträchtliche, welche von der Sonne herrührt. Die periodischen Veränderungen der Schiefe der Ekliptik entstehen aus den Einwirkungen von Mond und Sonne, wodurch die Lage des Aequators sich ändert, während bei den säcularen Aenderungen, welche nach Euler's und späteren Untersuchungen durch die Einwirkung der Planeten verursacht werden, der Aequator ungestört bleibt und die Lage der Ebene der Erdbahn sich langsam verändert. Dass die Breiten der Fixsterne nicht ganz unveränderlich seien, wurde zuerst von Tycho Brahe aus seinen Beobachtungen, verglichen mit denen des Alterthums, nachgewiesen.

Der beträchtlichste Theil der periodischen Veränderungen liegt in der Lunarnutation, vermöge welcher die Rotationsaxe der Erde niemals zu ihrer s. g. mittleren Richtung gelangt, sondern um dieselbe eine Ellipse (die Nutationsellipse) mit 9″ als halbe grosse Axe in einer Periode von $18^3/_5$ Jahren be-

schreibt. Hiernach wird die Schiefe der Ekliptik einmal um 9″ vergrössert und einmal um eben so viel vermindert werden, so wie zweimal in die Lage kommen, wo sie einen Winkel von gleicher Grösse bildet, wie die mittlere Richtung (nach dem Centrum der Nutationsellipse) mit der Erdbahn.

Viel geringer als diese „Lunarnutation in der Schiefe der Ekliptik" ist dagegen der Betrag der „Solarnutation", welche Newton mit den Worten andeutete: *axem Terrae singulis revolutionibus annuis nutando bis inclinari in Eclipticam et bis redire ad positionem priorem. Motus tamen iste nutandi perexiguus esse debet, et vix aut ne vix quidem sensibilis,* was auch die späteren Untersuchungen bestätigt haben, da der ganze Betrag der Solarnutation in der Schiefe der Ekliptik nur bis zu einer halben Sekunde steigt.

Die „mittlere Schiefe der Ekliptik" oder die von der Nutation befreiete, ändert sich nun, zufolge der Vergleichungen mit den Beobachtungen der älteren Zeit in der Weise, dass die Erdbahn selbst ihre Lage etwas verändert, während die Rotationsaxe der Erde, mithin die Ebene des Aequators ungestört bleibt, bis auf eine sehr kleine Grösse, die aus der langsam veränderten Schiefe der Ekliptik selbst wieder entspringt, insofern hierdurch die Resultate der Einwirkung von Mond und Sonne nicht ganz unverändert bleiben können. Der Betrag der Veränderung der Schiefe der Ekliptik kommt gegenwärtig darauf hinaus, dass sie sich in 100 Jahren um 50″, also jährlich um eine halbe Sekunde vermindert, oder genauer nach Bessel um 0″,48368 für 1750 und (zufolge der von Laplace gegebenen säcularen Aenderung), um 0″,48422 für 1850. (Laplace *Méc. cél.* 1802, T. III. Liv. VI. p. 158; Bessel *Fundamenta Astronomiae* 1818, p. 297, und *Tabulae Regiomontanae* 1830, p. IV und V.) Spätere Resultate von Peters, Hansen und Leverrier weichen hiervon und auch unter sich noch wieder etwas ab. (Peters, *Numerus constans nutationis* p. 66 und 71; Hansen, *Tables du Soleil* p. 5; Leverrier, *Annales de l'Observatoire impérial de Paris* T. IV. p. 203.) Zusammenstellungen über die verschiedenen Resultate der Schiefe der Ekliptik von 1840 bis 1870 finden sich von Dr. Powalky Astron. Nachr. Bd. 56. p. 216. Bessel selbst hatte zur Construction seiner Tafeln (Tab. IV) es vorgezogen, statt der obigen Werthe den folgenden zu nehmen: 0″,4570 für 1800, welcher aus den Beobachtungen allein folgte, da die theoretische Bestimmung von Laplace noch einige unsichere Annahmen über die Massen der Planeten enthielt. Statt der Formel von Bessel (*Tab. Reg.* p. XXVII) $23^{0}\ 27'\ 54'',8 - t \cdot 0'',457$ wird im Berliner astronom. Jahrbuche jetzt auch die Formel von Peters (p. 294): $23^{0}\ 27'\ 54'',22 - t \cdot 0'',4645$ für die mittlere Schiefe der Ekliptik zu Grunde gelegt, wo t die Jahre seit 1800 bezeichnet. Diese Formel von Peters gründet sich auf Beobachtungen von Bradley (1757) und Struve (1825). Im *Nautical Almanac* dagegen ist noch der Zahlenwerth der *Tab. Reg.* beibehalten.

Bei der jährlichen Abnahme der Schiefe der Ekliptik hört die Erdbahn auf, eine feste Ebene zu sein, und man wählt zur einfacheren Beziehung der verschiedenen Bewegungen auf eine feste Ebene gewöhnlich diejenige Ebene der Erdbahn, welche zu Anfang des Jahres 1750 stattfand. Für diese Zeit war die mittlere Schiefe der Ekliptik, wie schon Lalande aus zahlreichen Beobachtungen

annahm, = 23° 28′ 18″. Bezeichnet t die Zahl der seit 1750 verflossenen Jahre, so wird die mittlere Schiefe der Ekliptik nach Bessel (*Tab. Reg.* p. V):

$$23^{\circ}\ 28'\ 18'',0 - t \cdot 0'',48368 - t^2 \cdot 0'',00000272295.$$

Hat es dagegen ein Interesse, die (mittlere von der Nutation befreiete) Neigung des Aequators gegen jene feste Ebene zu berechnen, so dient dazu die „Schiefe der festen Ekliptik" nach der Formel (*Tab. Reg.* p. IV)

$$23^{\circ}\ 28'\ 18'',0 + t^2 \cdot 0'',00000984233.$$

Uebrigens können diese Formeln als aproximativ nur zeitweilig, nicht für beliebige Jahrtausende gelten, wo sich vielmehr nach den Untersuchungen von Lagrange (*Mém. de l'Ac. de Berlin*, 1772 p. 284) eine oscillatorische Bewegung um eine mittlere Lage ergiebt, so dass die Ekliptik niemals mit dem Aequator zusammenfallen, sondern von dem Werthe 23° 28′ stets weniger als 5° 23′ Unterschied stattfinden werde. Die grössten und kleinsten Werthe sind demzufolge nach Schubert (Astron. III. p. 513):

29379	J. vor Chr.	27°	31′	30″
14400	„ „ „	21	20	11
2002	„ „ „	23	52	47
6582	„ nach Chr.	22	54	23
19346	„ „ „	25	21	20
34159	„ „ „	20	59	9.

Eine kurze Uebersicht der zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungen der Schiefe der Ekliptik, ist folgende:

1100	J. vor Chr.	nach chines. Beob. . .	23°	54′	2″
350	„ „ „	Pytheas	23	49	20
250	„ „ „	Eratosthenes . . .	23	51	20
130	„ nach Chr.	Ptolemäus zwischen .	23	50	0
		und . .	23	52	30
880	„ „ „	Albategnius	23	35	40
1278	„ „ „	Cocheou-King . . .	23	32	12
1437	„ „ „	Ulugh-Beigh	23	31	48
1490	„ „ „	Bernh. Walther . .	23	29	47
1587	„ „ „	Tycho Brahe. . . .	23	29	30
1690	„ „ „	Flamsteed.	23	28	48
1750	„ „ „	Tob. Mayer	23	28	18
1800	„ „ „	Piazzi	23	27	56.

Der Werth der von Laplace und Biot sehr geschätzten ältesten chinesischen Beobachtung (1100 J. vor Chr.), welche man dem Missionär Gaubil (gest. 1759 zu Peking) verdankt und die nicht übel mit der Theorie, freilich etwas stark gegen die besten griechischen Beobachtungen stimmt, ist neuerdings zweifelhafter geworden durch die Untersuchungen von A. Weber: Die vedischen Nachrichten von den *naxatra* (Mondstationen). Abh. d. Berl. Akad. 1860 p. 295. Hiernach sind die speciellen Angaben (ein Gnomon von 8 Fuss Höhe, die Schattenlänge am kürzesten Tage um Mittag 13 Fuss, am längsten Tage $1\frac{1}{2}$ Fuss, s. *Conn. des Temps* p. 1809), worauf die ganze Rechnung beruht, nur

den späteren Commentaren entlehnt, deren ältester aus dem 1. oder 2. Jahrh. nach Chr. stammt. Das hohe Alter selbst wird auch von Weber als unverbürgt und sehr unwahrscheinlich nach den Texteswörten angesehen.

§. 196. Astronomische und terrestrische Refraction. Depression des Meereshorizonts. Höhe der Atmosphäre.

Die Refraction überhaupt ist der Winkel, um welchen ein Lichtstrahl von seiner Richtung abgelenkt wird bei dem Uebergange aus einem Medium in ein anderes von anderer Dichtigkeit. Ist dies zweite Medium die atmosphärische Luft und das erste der leere Raum, oder der nur mit Aether erfüllte, durch welchen das Licht der Gestirne zu uns gelangt, so heisst die Refraction oder Strahlenbrechung die astronomische. Wenn dagegen die verschiedenen Medien nur aus atmosphärischer Luft von verschiedener Dichtigkeit bestehen, so wird die hieraus entspringende Refraction die terrestrische genannt, weil sie sich nur auf Gegenstände beziehen kann, die der Erde angehören. Da die Dichtigkeit der Luftschichten mit zunehmender Höhe abnimmt, da ferner hiernach die Luftschichten von gleicher Dichtigkeit eine Krümmung besitzen, so muss die Gesichtslinie nach einem fernen, irdischen Gegenstande schon durch Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit gehen, wenn auch der Gegenstand und das Auge sich in gleicher Entfernung von der Erdoberfläche befinden, um so mehr aber, je grösser die Verschiedenheit der Höhen ist.

Sowohl bei der terrestrischen, wie bei der astronomischen Refraction wird die Gesichtslinie, wegen der allmähligen Abnahme der Dichtigkeit der Luftschichten, nicht eine, sondern viele Brechungen erleiden, ehe sie zum Auge gelangt, und diese mehrfach gebrochene Linie in eine krumme Linie übergehen, deren Tangente am Orte des Auges die Richtung bezeichnet, in welcher der Gegenstand gesehen wird. Zur genauen Bestimmung dieser krummen Linie müsste man die wechselnde Dichtigkeit der Luftschichten auf dem ganzen Wege des Lichtstrahls genau kennen, aber in Ermangelung der Hülfsmittel, diese Kenntniss in jedem Falle zu erlangen, hat man zur Darstellung der Erscheinung im Ganzen theils zu Hypothesen übergehen müssen, deren Richtigkeit durch die Uebereinstimmung mit den Beobachtungen sich prüfen liess, theils sich begnügen müssen, den Betrag der Refraction durch eine empirische, den Beobachtungen möglichst sich anschliessende Formel zu berechnen.

Als Grundgleichung der Berechnung der Refraction dient zunächst das allgemeine Gesetz der Lichtbrechung (von Snellius und Descartes), wonach der Sinus des Einfallswinkels zu dem Sinus des Brechungswinkels ein constantes Verhältniss hat, auch der einfallende und der gebrochne Lichtstrahl mit dem Einfallslothe in einer Ebene liegen. Das Einfallsloth ist dabei die senkrecht auf der Fläche des Mediums gedachte Linie in dem Punkte, wo der Lichtstrahl in dies Medium übergeht, sowie der Einfallswinkel und der Brechungswinkel die Winkel bezeichnen zwischen dem Einfallslothe und dem Lichtstrahle, vor und nach der Brechung. Der Werth der Constante aus dem Sinusverhältniss aber soll immer grösser als die Einheit sein, wenn der Uebergang in ein dichteres Medium stattfindet, oder mit anderen Worten, der gebrochene Strahl wird in

diesem Falle nach dem Perpendikel (dem Einfallslothe) hin gebrochen. Das Entgegengesetzte aber findet statt in dem Fall des Ueberganges in ein dünneres Medium.

Zur Vereinfachung kann man zunächst mit Cassini (1655) statt der Schichtenmenge von verschiedener Dichtigkeit eine Atmosphäre von mittlerer gleichförmiger Dichtigkeit annehmen, welche also nach einmaliger Brechung dem Lichtstrahle dieselbe Richtung ertheilt, wie die letzte Richtung des wirklich zum Auge gelangenden Strahles. Den Punkt, nach welchem ein frei hängender Lothfaden nach oben zeigt, als das „Zenith" bezeichnet und damit den Einfallswinkel als „wahre Zenithdistanz", den Brechungswinkel als „scheinbare Zenithdistanz" ausgedrückt, so wird nach dem obigen Gesetze der Lichtbrechung der Sinus der wahren Zenithdistanz zum Sinus der scheinbaren Zenithdistanz ein constantes Verhältniss haben. Da aber die Refraction der Unterschied zwischen der wahren und scheinbaren Zenithdistanz ist, so wird, wenn z die scheinbare Zenithdistanz, ϱ die zugehörige Refraction bezeichnet, $z+\varrho$ die wahre Zenithdistanz ausdrücken. Für einen anderen Fall seien ebenso z' und ϱ' die zusammenhängenden Werthe, so ist wegen des constanten Verhältnisses:

$$\frac{\sin(z+\varrho)}{\sin z} = \frac{\sin(z'+\varrho')}{\sin z'}.$$

Wenn nun ϱ ein sehr kleiner Winkel ist, so lässt sich die Entwickelung von $\sin(z+\varrho) = \sin z \cos\varrho + \cos z \sin\varrho = \sin z + \varrho \cos z$ setzen, und somit $\frac{\sin z + \varrho \cos z}{\sin z} = \frac{\sin z' + \varrho' \cos z'}{\sin z'}$ erhalten, oder $1 + \varrho \operatorname{cotg} z = 1 + \varrho' \operatorname{cotg} z'$, folglich

$$\frac{\varrho}{\varrho'} = \frac{\operatorname{tang} z}{\operatorname{tang} z'}$$

demnach „verhalten sich die Refractionen nahe wie die Tangenten der Zenithdistanzen".

Es bedarf also nur der Kenntniss der Refraction für eine bestimmte Zenithdistanz, am bequemsten für 45°, wo die Tangente = 1 ist, um jede andere Refraction genähert ausdrücken zu können. Für diesen Fall ergeben aber die Beobachtungen den Betrag der Refraction = 57",7. Das Resultat wird daher

$$\varrho = 57'',7 \operatorname{tang} z,$$

oder die Refraction ist gleich 57",7 multiplicirt mit der Tangente der scheinbaren Zenithdistanz.

Man nennt die Ergänzung der scheinbaren Zenithdistanz zu 90 Graden die „scheinbare Höhe", und damit wird eine Uebersicht des Betrages der Refraction aus Beobachtungen nach der Tafel von Bessel z. B., wie folgt:

Scheinb. Höhe	Refr.
0°	34′ 54″,1
5	9 46,5
10	5 16,2
25	2 3,2
45	0 57,7
70	21,0
80	10,2
90	0,0.

Für Höhen unter 5 Grad ist die obige Näherungsformel nicht mehr anwendbar, und für die Höhe von 0 Grad oder Zenithdistanz 90 Grad würde sie eine unendlich grosse Zahl als Refraction geben.

Uebrigens hätte man dasselbe Resultat, dass die Refractionen sich wie die Tangenten der Zenithdistanzen verhalten, ebenfalls, wenn die Erde eine Ebene wäre, oder vielmehr würde dann die ursprüngliche Formel $\sin(z + \varrho) = \sin z \dfrac{\sin(z' + \varrho')}{\sin z'}$ strenger gelten, als dieselbe Formel bei der gekrümmten Atmosphäre, wegen des Parallelismus der Lothlinien in jenem Falle.

So weit nun die Refraction bloss von der Zenithdistanz oder Höhe abhängig dargestellt werden kann, setzt sie eine bestimmte Dichtigkeit der Atmosphäre voraus. Man wählt dazu diejenige Dichtigkeit, welche bei einem gewissen mittleren Barometer- und Thermometerstande stattfindet, und nennt das Ergebniss die „mittlere Refraction", indem man sich vorbehält, für den abweichenden Stand des Barometers und Thermometers die erforderlichen Correctionen zu berücksichtigen.

Das Barometer zunächst betreffend, so wird der gemessene Luftdruck direct proportional der Dichtigkeit gesetzt, und eben so auch die Strahlenbrechung selbst, als erfahrungsmässig der Dichtigkeit des brechenden Mediums proportional. Ist daher

ϱ die Refraction bei dem Stande B des Barometers
ϱ' „ „ „ „ „ $B + \varDelta B$,

so verhält sich

$$\varrho : \varrho' = B : B' + \varDelta B,$$

also

$$\varrho' = \varrho \cdot \frac{B + \varDelta B}{B} = \varrho + \varrho \cdot \frac{\varDelta B}{B}.$$

Demnach ist $\dfrac{B + \varDelta B}{B}$ der Factor, womit die mittlere Refraction ϱ multiplicirt werden muss.

Die Bessel'sche Tafel der Refraction ist gültig für $B = 27$ Zoll 9,5 Linien, Pariser Maass = 29,60 Engl. Zoll. Daher ist z. B. für einen andern Barometerstand, etwa 28″ 9‴,5 der Factor $\dfrac{B + \varDelta B}{B} = \dfrac{28''\ 9''',5}{27\ \ 9,5} = 1,036$, womit die mittlere Refraction zu multipliciren ist, um die dem Barometerstande entsprechende zu erhalten.

Das Thermometer ferner ist zu berücksichtigen, weil mit der Aenderung der Temperatur auch die Ausdehnung und somit wieder die Dichtigkeit der Luft sich ändert (so dass etwa nur für Luft in einem eingeschlossenen Raume diese Correction wegfallen würde). Das Maass der Temperatur aber in Beziehung zur Ausdehnung der Luft ist vorher festzustellen. Gay Lussac fand die Volumvermehrung der atmosphärischen Luft = 0,00375 für 1° des Cent. Thermometers, also (multiplicirt mit $^5/_4$) = $0,00469 = \dfrac{1}{213}$ für 1° Réaum. Die neueren Versuche (von

Rudberg und Regnault) geben 0,003665 für 1° C., also $0{,}004581 = \frac{1}{218{,}3}$ für 1° Réaum. Bessel (*Tab. Reg.* p. LX) bestimmte aus Beobachtungen von 56 Sternen, die über 60° Zenithdistanz hatten, dieselbe Constante = 0,0036438 für 1° Cent., also $= 0{,}0045547 = \frac{1}{219{,}55}$ für 1° Réaum. Schon Tob. Mayer hatte (1753) den Werth $\frac{1}{220}$ gegeben.

Nimmt man also erfahrungsmässig an, dass sich die atmosphärische Luft mit jedem steigenden Grade des Réaum. Thermometers um $\frac{1}{220}$ ihres Volumens ausdehnt, und ist V das Volumen der Luft bei einem bestimmten Thermometerstande, V' das Volumen bei einem um $\varDelta t$ Réaum. Grade höheren Thermometerstande, ferner ϱ und ϱ' die zugehörigen Refractionen, so wird

$$V : V' = 1 : \left(1 + \frac{\varDelta t}{220}\right).$$

Nun verhalten sich die Volumina umgekehrt wie die Dichtigkeiten, und diese wieder direct wie die Strahlenbrechungen, mithin

$$\varrho : \varrho' = \left(1 + \frac{\varDelta t}{220}\right) : 1 \quad \text{oder} \quad \varrho' = \varrho \cdot \frac{1}{1 + \frac{\varDelta t}{220}}.$$

Hierdurch wird also $\frac{1}{1 + \frac{\varDelta t}{220}}$ der vom Thermometer abhängige Correctionsfactor. In der Bessel'schen Tafel ist + 7°,5 Réaum. als mittlere Temperatur angenommen. Es wird daher z. B. für 20° Réaum. oder $\varDelta t = + 12{,}5$ jener Factor = 0,946.

Mit Rücksicht auf Barometer und Thermometer wird demnach die Refraction

$$= 57'',7 \cdot \operatorname{cotg} h \cdot \frac{B + \varDelta B}{B} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\varDelta t}{220}},$$

wenn h die scheinbare Höhe oder das Complement der scheinbaren (mit Refraction behafteten) Zenithdistanz, B den mittleren Barometerstand = 27″ 9‴,5 Pariser Maass, $\varDelta B$ die Abweichung der Barometerstände hiervon und $\varDelta t$ die in Réaum. Graden ausgedrückten Abweichungen des Thermometerstandes von + 7°,5 Réaum. bezeichnen. Die Abweichungen sind positiv zu nehmen für höhere Stände, negativ für niedrigere.

Die nach dieser Formel, wo die Refraction einfach der Tangente der Zenithdistanz proportional gesetzt ist, berechnete mittlere Refraction würde aber für verschiedene Höhen überall etwas zu gross herauskommen. Die Unterschiede werden, verglichen mit der Tafel von Bessel, z. B. folgende:

Scheinb. Höhen . .		5°	10°	20°	30°	40°
Refr.	Formel . .	10′ 59″,5	5′ 27″,3	2′ 38″,5	1′ 40″,0	1′ 8″,8
	Tafel . . .	9 46,5	5 16,2	2 37,3	1 39,7	1 8,7
Unterschied		+ 1 13,0	+ 11,1	+ 1,2	+ 0,3	+ 0,1.

Da diese Unterschiede zunehmen mit der Zenithdistanz und einerlei Zeichen behalten, so wird die Formel, welche die Refraction proportional der Zenithdistanz setzt, empirisch dadurch verbessert werden, dass man die Tangente in der Formel mit zunehmender Zenithdistanz ebenfalls vermindert. Thomas Simpson's (*Math. dissert.* 1743) theoretische Untersuchungen über die Refractionscurve führten zuerst auf diese Form. Man hat danach die Refraction proportional der Tangente der um $^{11}/_{4}$ des Betrags der Strahlenbrechung verminderten scheinbaren Zenithdistanz zu setzen.

Bradley (1760) fand es seinen Beobachtungen entsprechender, in der Simpson'schen Formel statt $^{11}/_{4}$ die Zahl 3 zu setzen. Nach der Bradley'schen Regel verhalten sich also die Refractionen wie die Tangenten der um die dreifache Refraction verminderten scheinbaren Zenithdistanzen. Die mittlere Refraction wird daher nach Bradley:

$$\varrho = 57'',7 \operatorname{tang}(z - 3\varrho) = 57'',7 \operatorname{cotg}(h + 3\varrho),$$

wenn z die scheinbare Zenithdistanz, h die scheinbare Höhe ist. Wollte man, statt der scheinbaren (mit Refraction behafteten) Zenithdistanz oder Höhe, die wahren (von Refraction befreieten) anwenden, so würde sich in der Bradley'schen Formel die Zahl 3 in 4 verwandeln, weil der einfache Betrag der Refraction hinzukäme.

Nach der Bradley'schen Formel wird nun die obige Vergleichung:

Scheinb. Höhe	5°	10°	20°	30°	40°
Bradley's Formel . .	9′ 40″,1	5′ 18″,5	2′ 37″,3	1′ 39″,6	1′ 8″,6
Bessel's Tafel . . .	9 46,5	5 16,2	2 37,3	1 39,7	1 8,7
Diff.	— 6,4	+ 2,3	0,0	— 0,1	— 0,1.

Die nach der Bradley'schen Regel berechnete Tafel ist sehr lange in Gebrauch gewesen. Sie wurde auch noch von Lalande als die beste empfohlen (*Astron.* 1792 T. II. p. 531). Erst die erfolgreichen analytischen Untersuchungen, vorzüglich von Kramp und Laplace über die Integration der Differentialgleichung der Refractionscurve, welches der schon von Newton angebahnte Weg war, führte die Theorie der Refraction weiter. Zur vollständigen Lösung des Problems der Refraction müsste freilich das Gesetz der Wärmeabnahme in der Atmosphäre bekannt sein, welches bis jetzt hypothetisch angenommen werden muss, und selbst an verschiedenen Orten der Erde wahrscheinlich so verschieden ist, dass locale Modificationen ihren Einfluss bei niedrigen Höhen der Gestirne immer geltend machen werden.

Mit der astronomischen Refraction kann sich die terrestrische merklich verbinden, wenn die Höhen der Gestirne sehr niedrig sind, und namentlich wenn man bei einem erhöheten Standpunkte über der Erdoberfläche beträchtlich mehr als 90° Zenithdistanz übersehen kann. Der Winkel selbst, der den Ueberschuss der Zenithdistanz über 90° bildet, wird die Depression des

Horizontes genannt, wenn er der Unterschied ist zwischen der horizontalen Richtung und der Gesichtslinie, welche als Tangente an die Erdkugel gedacht werden kann. Man gebraucht diesen Winkel bei Höhenmessungen der Gestirne über dem Meereshorizonte, wo die Depression (engl. *Dip*, holländ. *Kimduiking*, Kimtiefe) immer von der gemessenen Höhe abzuziehen ist, um sie auf die reine horizontale Richtung zu beziehen. Ohne Rücksicht auf terrestrische Refraction ist die Berechnung der Depression freilich sehr einfach. Bezeichnet δ die Depression bei der Erhöhnng h des Auges über der Meeresfläche und ist r der Erdhalbmesser, so giebt ein rechtwinkliges Dreieck $\cos\delta = \frac{r}{r+h}$. Da aber h sehr klein gegen r ist, so wird die Bestimmung von δ durch den Cosinus kaum ausführbar. Geht man zum Sinus über, $\sin\delta^2 = 1 - \frac{r^2}{(r+h)^2} = \frac{2rh}{(r+h)^2}$, so ist $\sin\delta = \frac{\sqrt{2rh}}{r+h}$ oder abgekürzt, wenn h gegen r als verschwindend anzusehen ist: $\sin\delta = \frac{\sqrt{2rh}}{r}$, und wegen der Kleinheit von δ auch noch $\delta = \frac{\sqrt{2rh}}{r} = \frac{\sqrt{2h}}{r}$. Um δ in Minuten auszudrücken mit 3437,75 multiplicirt und $r = \frac{5400}{2\pi}$ = 859,436 geogr. Meilen, ferner 1 geogr. Meilen = 23643,0 Rheinl. Fuss gesetzt, so wird $\delta = 1{,}0785 \cdot \sqrt{h}$

Depression in Minuten = 1,0785 · $\sqrt{\text{Augeshöhe in Rheinl. Fuss.}}$

Der Zahlenfactor ändert sich für ein anderes Fussmaass und würde z. B. für Hamburger Fuss, wovon 25893,6 auf eine geogr. Meile gehen, in 1,0294 verwandelt.

Die Depression in Minuten ausgedrückt ist zugleich in Anzahl von geogr. Viertelmeilen, welche man bei einer solchen Höhe des Auges nach jeder Richtung übersieht, wo der Meereshorizont frei ist.

Wegen der terrestrischen Refraction wird die Gesichtslinie, welche als Tangente zur Erdkugel angenommen war, da sie von der Erdoberfläche zum erhöheten Standpunkte des Auges gelangt, im Allgemeinen ihre **concave** Seite der Erde zuwenden, und eine Tangente an diese Curve bei dem Orte des Auges zeigt, dass die berechnete Depression zu gross war. Nach Lambert ist daher die berechnete Depression um $^1/_{13}$ ihres Betrages zu vermindern. Damit würde die obige Formel $\delta = 0{,}9956 \cdot \sqrt{h}$ für h in Rheinländische Fuss ausgedrückt, oder $\delta = 0{,}9502 \cdot \sqrt{h}$ für Hamb. Fuss. Die Abkürzung, den Zahlenfactor = 1 zu setzen, ist in der Anwendung gerechtfertigt, namentlich wegen der Unsicherheit der terrestrischen Refraction, zu deren genauer Bestimmung man nicht die Mittel hat, ferner noch bei Beobachtungen auf dem Meere schon wegen der Veränderlichkeit der Augeshöhe bei dem Heben und Senken des Schiffes.

Die Erfahrung zeigt auch, dass die Wirkung der terrestrischen Refraction sogar eine Addition, statt der Subtraction zur Verbesserung der Depression erfordern könnte, wenigstens bei besonderen Fällen, die auf eine ungewöhnliche Beschaffenheit der durchlaufenen Luftschichten deuteten.

Bestimmen lässt sich die terrestrische Refraction sehr einfach, wenn man die gegenseitigen Zenithdistanzen zweier terrestrischen Signale beobachtet hat, welche in bekannter Entfernung von einander sind. Die Betrachtung des Dreieckes, welches die beiden Lothlinien und die Verbindungslinie der Oerter bilden, zeigt, dass die Summe der beobachteten Zenithdistanzen 180° betragen müsste, vermehrt um den Winkel, welchen die Lothlinien der beiden Oerter mit einander machen. Statt dessen findet sich in der Regel diese Summe etwas kleiner und der Unterschied ist die reine Wirkung der terrestrischen Refraction, wenn beide Beobachtungen gleichzeitig waren. Delambre (Astr. III. p. 474) fand aus 17 Beobachtungen die terrestrische Refraction des Meereshorizonts $= 0{,}0783 = \frac{1}{12{,}8}$, welches mit dem Lambert'schen Werthe $^1/_{13}$ also nahe übereinstimmt.

Zur Bestimmung der astronomischen Refraction hat man mehrfache Verfahrungsarten angewandt. Wählt man ein Paar Fixsterne, die nahe in einer verticalen Ebene erscheinen und von denen der eine Stern sehr niedrig, der andere beträchtlich höher steht, so wird der Winkelabstand zwischen diesen Sternen kleiner gefunden bei dieser Stellung als in jeder andern, wo ihre Höhe nicht so verschieden ist. Keppler (*Epit.* I. p. 61) führt ein solches Beispiel an. Zwischen den Sternen Spica Virginis und Cauda Leonis liege ein Bogen von 35° 2′, wie die Beobachtungen ergeben hätten, wenn diese Sterne ihren höchsten Stand erreichten, oder wenn sie untergingen, weil sie nahe gleichzeitigen Untergang hätten. Dagegen erreiche der Stern im Löwen eine Höhe von 34° 30′ in dem Augenblicke, wo der Stern der Jungfrau aufgehe und beide sich nahe in derselben Verticalebene befänden. Der Unterschied ist hier 32′, und wenn man noch 1′ für die Refraction bei 34° Höhe jetzt zulegt, so wird die Refraction im Horizonte 33′.

Eine andere einfache Methode besteht darin, für die nicht untergehenden Sterne (Circumpolarsterne) bei ihrem höchsten und niedrigsten Stande die Höhen zu beobachten. Die halbe Summe zweier zusammengehörigen Höhen, vermindert um die halbe Summe ihrer Refractionen, müsste einen unveränderlichen Winkel geben, nämlich die Polhöhe.

Tycho Brahe gab zuerst eine Tabelle der Refraction, nach den verschiedenen Höhen entworfen. Ueber 45° Grad Höhe hielt er die Refraction der Sonne für verschwindend, die der Sterne sogar schon bei 20° Höhe, und die Refraction im Horizonte wurde zu einem halben Grade angenommen, jedoch mit einer kleinen Verschiedenheit für Sonne, Mond und Sterne, eine Unterscheidung, die sich nicht bestätigte, da die Refraction von der Entfernung oder dem Glanze des Gestirnes unabhängig ist, wie schon Keppler bald nachher es berichtigte.

Allerdings würde, strenge genommen, die Anwendung der Refraction, um aus der beobachteten Zenithdistanz die wahre zu finden, durch die blosse Addition des Betrags der Refraction nicht ganz erledigt sein, denn man erhält damit freilich den Winkel, welchen der verlängerte ungebrochene Lichtstrahl mit dem Lothfaden bildet, aber der Scheitel dieses Winkels liegt offenbar höher als der Standpunkt des Beobachters. Es ist also eigentlich noch eine Reduction der

wahren Zenithdistanz auf den Standpunkt des Beobachters erforderlich, wobei die Entfernung des Gestirnes von der Erde in Betracht kommt, im Verhältniss zu der Entfernung zwischen dem Beobachter und demjenigen Punkte der Lothlinie, wo der ungebrochene verlängerte Strahl die Lothlinie schneidet. Diese Reduction wird also die gesuchte wahre Zenithdistanz etwas kleiner geben, also die Wirkung der Refraction ein wenig verkleinern. Indessen wird der ganze Betrag selbst bei dem Monde zu unbeträchtlich, um gewöhnlich darauf Rücksicht zu nehmen. Der Einfluss bei Sternbedeckungen vom Monde ist übrigens von Hansen in den Astr. Nachr. (Bd. 16) erörtert worden.

Das älteste Lehrbuch der Astronomie, der s. g. Amalgest des Ptolemäus (um 140 nach Chr.), enthält zwar nichts über die Refraction, indess ist eine als später anzunehmende Schrift des Ptolemäus über Optik (in lateinischer Uebersetzung aus dem Arabischen) von Laplace unter den Manuscripten der Pariser Bibliothek aufgefunden worden, worin schon vollständigere theoretische Ansichten über die Refraction vorgetragen werden, als sich bei Tycho Brahe finden. Werthbestimmungen der Refraction enthält es übrigens nicht, und Tycho Brahe hatte keine Vorgänger, mit denen er seine Resultate über den Betrag der Refraction vergleichen konnte.

Die Refraction bewirkt auch eine Contraction des nicht horizontalen, besonders des verticalen Halbmessers von Sonne und Mond, worauf man bei einer Methode der geographischen Längenbestimmung Rücksicht nimmt. In der Nähe des Horizontes nämlich kann sich die Refraction um 5 bis 6 Minuten ändern für einen halben Grad des Höhenunterschiedes. Der verticale Durchmesser wird daher um eben so viel verkürzt. Die ganze Scheibe erscheint am Horizonte durch die Refraction wenigstens nicht vergrössert, sondern, wie schon Alhazen bemerkt, kleiner, was die wirkliche Messung auch bestätigt. Den Grund, warum die Sonne und der Mond am Horizonte doch grösser zu sein scheinen, erklärte ebenfalls Alhazen durch die zwischenliegenden Gegenstände der Vergleichung.

Alhazen (10. oder 11. Jahrh.) hat auch zuerst versucht, die Höhe der Atmosphäre zu bestimmen, und zwar aus dem „Dämmerungsbogen", welchen er zu 19° annahm. Es ist der Bogen, welcher die negative Höhe (Depression) oder den Stand der Sonne unter dem Horizonte angiebt, wenn ihr letzter Dämmerschein verschwindet, resp. vor Sonnenaufgang die Dämmerung zuerst bemerklich wird. Die Vorstellung ist nun zu Grunde liegend, dass in diesem Momente die letzten oder ersten Strahlen der Sonne an den höchsten Theilen der Atmosphäre durch Reflexion zu uns gelangen. Man denkt sich von einem solchen äussersten Theile der Atmosphäre zwei Tangenten an die Erdkugel gezogen, deren eine die Richtung des Horizonts bezeichnet. Das Supplement des Winkels zwischen diesen beiden Tangenten ist dann der Voraussetzung gemäss der Dämmerungsbogen, also wenn letzterer, wie jetzt gewöhnlich zu 18° angenommen wird, ein Winkel von 172. Zwei Erdradien ferner, nach den Berührungspunkten der Tangenten gezogen, bilden mit letzteren ein Kreisviereck, so dass der Winkel dieses Viereckes am Mittelpunkte der Erde wieder dem Dämmerungsbogen von 18° gleich wird. Die Secante der Hälfte dieses Winkels $= \sec 9^{\circ} = 1{,}01247$ giebt daher durch ihren Ueberschuss über die Einheit die

Höhe der Atmosphäre, ausgedrückt in Theilen des Erdhalbmessers. In diesem Falle wird also die Höhe der Atmosphäre $= 0{,}01247 = {}^1/_{80}$ des Erdradius $= 10^3/_4$ Meilen. Eine Zusammenstellung verschiedener Resultate nach verschiedenen beobachteten Dämmerungsbögen wird damit sich so gestalten:

Beobachter	Dämmerungsbogen	Höhe der Atmosphäre.
ALHAZEN	19°	11,95 geogr. M.
TYCHO BRAHE	17	9,54 „ „
STEVIN	18	10,71 „ „
CASSINI	15	7,41 „ „
BRANDES	$17^1/_4$ bis $17^1/_2$	9,83 bis 10,12

Die Beobachtungen von BRANDES sind in Breslau angestellt *. Von der astronomischen Dämmerung, die dem obigen Dämmerungsbogen entspricht, wird die „bürgerliche" Dämmerung unterschieden, die sich auf die Zeit des Beginns der Abenderleuchtung bezieht. Sie wird durchschnittlich stattfinden bei einem Stande der Sonne von $6^1/_2$ Graden unter dem Horizonte, wie LAMBERT nach seinen Versuchen darüber annahm.

Eine ausführliche neuere Abhandlung über die Refraction hat man von BRUHNS: Die astronomische Strahlenbrechung in ihrer historischen Entwickelung dargestellt. Leipzig 1861.

§. 197. Verschiedene Arten der Parallaxe.

Mit dem Worte Parallaxe bezeichnet man überhaupt den Unterschied (*παράλλαξις*) der Richtungen eines Gegenstandes, in welchen er von zwei verschiedenen Standpunkten gesehen wird. Die im vorigen Paragraphen erwähnte Unterscheidung, z. B. zwischen Refractionen der Gestirne bei gleichen Höhen, aber verschiedenen Entfernungen von der Erde kommt auf eine Art von Parallaxe hinaus, da der Scheitel des reducirten Winkels nicht zugleich der Standpunkt des Beobachters war.

Die Parallaxe ist immer ein Winkel an dem gesehenen Gegenstande zwischen den beiden Gesichtslinien, oder der Winkel, unter welchem die Linie erscheint, welche die beiden Standpunkte verbindet. Wird z. B. der halbe Durchmesser der Erdbahn als Standlinie gedacht, so heisst der Winkel am Gestirn die jährliche Parallaxe desselben. Ist es der Erdradius, dessen Winkelgrösse auf diese Weise in Betracht kommt, so hat man entweder die Horizontal-Parallaxe oder die Höhen-Parallaxe, je nachdem die eine der Gesichtslinien in die horizontale Ebene fällt oder nicht. Mit Rücksicht auf die Abplattung der Erde ist noch die Aequatoreal-Horizontalparallaxe der Winkel, unter welchem der Halbmesser des Erdäquators von einem äussern Punkte gesehen erscheint, wenn das Gestirn als der äussere Punkt sich im Horizonte zu dem Erdäquator befindet.

---

* J. SCHMIDT, Director der Sternwarte in Athen, giebt als Resultat seiner eigenen Beobachtungen (Astr. Nachr. Nr. 1496), dass der alte traditionelle Werth der Depression von 18° zu gross sei und nur in extremen Fällen gelte. In Athen wurde dafür als mittlerer Jahreswerth $15°{,}92 \pm 0°{,}46$ gefunden, aber eine Veränderlichkeit hatte sich mit den Ständen des Barometers und Thermometers ergeben. Demgemäss variire auch die Höhe der Atmosphäre zwischen 7,5 und 10,5 Meilen, und die Aenderung gehe regelmässig mit dem Jahreszeiten vor sich, so dass im Sommer die niedrige und im Winter die höhere Atmosphäre stattfinde.

Ist Δ die Entfernung eines Gestirnes vom Mittelpunkte der Erde, r der halbe Durchmesser der Erdkugel, P die Horizontal-Parallaxe, so ist der Erklärung zufolge $\sin P = \frac{r}{\Delta}$. Ferner, wenn Δ' die Entfernung desselben Gestirns vom Standpunkte des Beobachters auf der Oberfläche der Erde und P' die zugehörige Höhenparallaxe, h aber die beobachtete Höhe, so wird vermöge des jetzt schiefwinkligen Dreieckes zwischen Gestirn, Mittelpunkt der Erde und Beobachtungsort:

$$\sin P' = \frac{r}{\Delta} \sin (90 + h) = \frac{r}{\Delta} \cos h.$$

Man hat also $\frac{r}{\Delta} = \sin P = \frac{\sin P'}{\cos h}$ oder $\sin P' = \sin P \cdot \cos h$ und da die vorkommenden Horizontalparallaxen immer sehr klein sind, noch kürzer $P' = P \cdot \cos h$. Die Horizontalparallaxe multiplicirt mit dem cos der beobachteten Höhe giebt also immer die Höhenparallaxe. Die beobachtete Höhe ist hier von der Refraction schon befreit zu nehmen, da die Gesichtslinien bereits als gerade Linien angesehen wurden.

Von der Höhenparallaxe wird nun der Gebrauch gemacht, dass man sie zu der beobachteten Höhe addirt, um die s. g. wahre Höhe zu erhalten, d. h. die auf den Mittelpunkt der Erde reducirte Höhe. Man erhält nämlich damit die Summe zweier Winkel des obigen Dreieckes, also den Aussenwinkel desselben. Durch den Mittelpunkt der Erde eine Linie parallel mit der horizontalen Richtung gezogen, giebt dann einen Winkel von gleicher Grösse mit jenem Aussenwinkel am Mittelpunkte der Erde.

Die Höhenparallaxe ist demnach der Unterschied zwischen der scheinbaren (beobachteten und von Refraction befreieten) und der wahren (auf den Mittelpunkt der Erde reducirten) Höhe. Für die Fixsterne ist diese Reduction verschwindend wegen der grossen Entfernung im Verhältniss zum Erdhalbmesser. Für die übrigen Gestirne dagegen ist eine solche Beziehung auf den Mittelpunkt der Erde nothwendig, weil die übrigen zur Anwendung kommenden astronomischen Data die Voraussetzung des Erdmittelpunktes als Standpunkt der Einfachheit wegen haben müssen.

Mittelst dieser Reduction gelang es schon Ptolemäus die Entfernung des Mondes von der Erde gleich 59 Erdhalbmessern zu bestimmen, ohne seinen Beobachtungsort (Alexandria) zu verlassen, dessen Polhöhe er zu $30^{\circ}\ 58'$ angiebt. Bei dem höchsten Stande des Mondes fand er $2\frac{1}{8}$ Grad Zenithdistanz $= 2^{\circ}\ 7\frac{1}{2}'$. Werden diese von der Polhöhe subtrahirt, so bleiben $28^{\circ}\ 51\frac{1}{2}$ für den grössten Abstand des Mondes vom Aequator, und da ferner seinen Beobachtungen zufolge die Schiefe der Ekliptik $23^{\circ}\ 51\frac{1}{4}'$ war, so bleiben $5^{\circ}\ 0\frac{1}{4}'$ für den grössten Abstand des Mondes von der Ekliptik. Diese 5 Grad als Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik wurde von Ptolemäus als unveränderlich angenommen. Etwa 14 Tage nach dem höchsten Stande des Mondes musste nun der niedrigste Stand eintreten, und gerade bei den niedrigsten Ständen des Mondes zeigte sich ein so beträchtlicher Unterschied mit der Beobachtung,

dass er nur der Wirkung der Parallaxe zugeschrieben wurde. Es musste also eine der Höhenparallaxe entsprechende Horizontalparallaxe und damit ein Verhältniss zwischen dem Erdhalbmesser und der Entfernung des Mondes angenommen werden, wofür PTOLEMÄUS den mittleren Werth = 59 Erdhalbmessern giebt (*Almag.* Lib. V. Cap. 15). Diese Bestimmung der Entfernung eines Himmelskörpers von der Erde ist um so merkwürdiger, weil sie die einzige ist, welche im Alterthum gelang.

Dass die Neigung der Mondbahn übrigens nicht constant ist, sondern periodische Aenderungen erleidet, wurde erst von TYCHO BRAHE entdeckt. Die Neigung schwankt zwischen 5° 0′ 0″ und 5° 17′ 34″ und ist abhängig von dem Stande der Sonne gegen die Durchschnittspunkte von Erd- und Mondbahn (Mondknoten), so dass die von PTOLEMÄUS als constant angenommene Neigung von 5° 0′ nur eintritt, wenn die Sonne 90° von dem Knoten entfernt ist.

Nach den neueren Bestimmungen ist die mittlere Aequatoreal-Horizontalparallaxe des Mondes = 57′ 0″,9 nach BURCKHARD oder 57′ 2″,06 nach HANSEN, wozu die Entfernungen 60,295 oder 60,277 Halbmesser des Erdäquators gehören. Die Extreme aber in der Erdnähe oder Erdferne des Mondes wegen seiner elliptischen Bahn (Excentricität = 0,0549) werden oft noch verstärkt durch den Einfluss der Sonne und lassen die Horizontalparallaxe zwischen 61′ 30 und 53′ 48″ variiren, entsprechend den Entfernungen in Erdhalbmessern = 55,90 und 63,90 oder, in geographischen Meilen ausgedrückt, ist die Entfernung des Mondes von der Erde 48 bis 55 Tausend Meilen.

Die Parallaxe der Sonne betreffend, so erklärte PTOLEMÄUS die Entfernung der Sonne für zu gross, um sie nach der vorigen Methode zu bestimmen. ARISTARCH (280 v. Chr.) hatte schon eine andere Methode vorgeschlagen, um wenigstens das Verhältniss zwischen der Entfernung der Sonne und des Mondes von der Erde dadurch zu finden, dass der Winkel zwischen Sonne und Mond gemessen würde in dem Augenblicke, wo der Mond genau halb erleuchtet wäre. Das dann sich darbietende rechtwinklige Dreieck, worin die Entfernung der Sonne von der Erde die Hypotenuse wird, liesse das Verhältniss der letzteren zu der kleinen Kathete bestimmen als die gesuchte Grösse. Aber die Unsicherheit der Wahrnehmung des fraglichen Momentes lässt keinen praktischen Erfolg von einiger Genauigkeit zu. — Ein anderes Verfahren von HIPPARCH wurde von PTOLEMÄUS angewandt, nämlich vermittelst der gemessenen Grösse des Schattens bei einer Mondfinsterniss. Liesse sich diese Winkelgrösse mit einiger Genauigkeit beobachten, so hätte man freilich alles zur Vollendung der Construction der Figur der Finsterniss, da die übrigen Grössen, nämlich der Winkel, unter welchem der Halbmesser der Sonne erscheint, so wie auch der Halbmesser und die Parallaxe des Mondes als bekannt anzunehmen wären. In dem Beispiele des PTOLEMÄUS (*Almag.* V. 15) war der gemessene Halbmesser des Erdschattens $40\frac{2}{3}$ Minuten, der Halbmesser der Sonne 16′. Das Resultat gab die Entfernung der Sonne nur 20 mal weiter als die Entfernung des Mondes. Aber hierbei blieb man noch bis zu KEPPLER's Zeiten, welcher freilich vermuthete, dass der entsprechende Werth der Sonnenparallaxe von 3 Minuten zu gross sei (*Epit.* p. 479).

Erst durch die Verbindung mit den Untersuchungen der Parallaxe anderer Planeten, zunächst des Mars, ist eine nähere Bestimmung der Sonnenparallaxe ermittelt worden. Durch directe Beobachtungen im J. 1751 von Lacaille am Cap der guten Hoffnung und gleichzeitig in Europa wurde die Horizontalparallaxe des Mars 27″ gefunden. Aus dem nach den Keppler'schen Gesetzen bekannten Verhältniss der Entfernungen der Planeten ergab sich damit eine Sonnenparallaxe von 10″, also bedeutend weniger. Das letzte und beste Hülfsmittel zur Bestimmung der Sonnenparallaxe waren die Venusdurchgänge vor der Sonne in den Jahren 1761 und 1769, worauf schon Halley hingewiesen hatte. Die an den verschiedensten Orten der Erde beobachteten Vorübergänge dieser Erscheinung erforderten einen bestimmten Werth der Sonnenparallaxe, welche nach den Untersuchungen von Encke das Resultat 8″,5776 ± 0″,0370 ergaben (Der Venusdurchgang von 1769. Gotha 1824 p. 108). In geographischen Meilen ausgedrückt wurde damit die Entfernung der Erde von der Sonne = 20666800 g. M. ± 89100 M. Nach der Auffindung der Originalbeobachtungen von Hell (1769) durch Littrow (Abh. d. Berl. Akad. 1835) modificirte sich das Resultat nach Encke's Revision so, dass die mittlere Horizontalparallaxe der Sonne = 8,57116 und die Entfernung damit = 20682329 geogr. Meilen wurde. Ein neuer Beitrag für die Werthermittelung der Sonnenparallaxe ist von Dr. Powalky (Neue Untersuchung des Venusdurchganges von 1769 zur Bestimmung der Sonnenparallaxe. Kiel 1864) veröffentlicht, worin mit den verbesserten geographischen Grundlagen die mittlere Sonnenparallaxe = 8″,86 gefunden wird *. Dies Resultat von Powalky stimmt auch besser mit andern neuen Bestimmungen, wohin die Berechnung der Beobachtungen des Mars in den J. 1832 und 1862 gehören, ferner aus den Bewegungen des Mondes, der Erde und Venus, dann die Massenbestimmung der Erde aus dem freien Falle der Körper, so wie endlich aus der Messung der Geschwindigkeit des Lichtes (Foucault), die alle mehr oder weniger, wenn auch indirect, zur Bestimmung der Sonnenparallaxe beitragen konnten. — Wegen der Abweichung der Erdbahn vom Kreise (Excentricität = $^1/_{60}$ oder genauer nach Hansen = 0,01677120) verwandelt sich der mittlere Werth 8″,86 für die Sonnennähe und Sonnenferne in 9″,0011 und 8″,7139. Der mittleren Horizontalparallaxe 8″,86 entspricht die mittlere Entfernung = 20008080 geogr. Meilen, so wie die Entfernung bei der Sonnennähe = 19672515 g. M., und bei der Sonnenferne = 20343640 g. M. beträgt. Die nächsten Vorübergänge des Planeten Venus vor der Sonne fallen in die Jahre 1874 Dec. 8, und 1882 Dec. 6.

Das Verhältniss der Entfernungen der Planeten zu bestimmen, war erst seit Copernicus (1543) möglich, nachdem die Zulässigkeit der Vorstellung nachgewiesen war, dass die Erde ihren Standpunkt im Raume verändere und somit zwei nicht gleichzeitige Beobachtungen an demselben Orte immer schon eine Standlinie darbieten. Die Scale der Entfernungen wurde damit bald bekannt,

* Als jetzt noch wünschenswerth zur Beseitigung des letzten Zweifels über den Werth der Sonnenparallaxe aus dem Venusdurchgange von 1769 bezeichnet Dr. Powalky eine genauere Längenbestimmung (Sternbedeckungen mit guten Zeitbestimmungen) für die Mission San Jose in Californien. Angenommen war die geographische Lage dieses Beobachtungsortes nach Lalande zu 23′ 5° 15″ nördl. Breite und $7^h\ 27^m\ 57^s$ westl. Länge von Paris.

aber ihre Zurückführung auf ein bekanntes irdisches Maass musste lange verschoben werden, bis die Bestimmung der Sonnenparallaxe seit der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts hinzukam.

Man hat jetzt folgende Werthe für die grösste und kleinste Horizontalparallaxe der Planeten und ihre entsprechenden Entfernungen von der Erde, wobei noch zu bemerken ist, dass nicht bei jeder Erdnähe oder Erdferne diese extremen Werthe vorkommen, sondern dieselben aus einer grossen Reihe vorgekommener Fälle nöthigen Falls nach den berechneten Ephemeriden entnommen sind. Die strenge Untersuchung der Maxima und Minima mit Rücksicht auf alle Umstände würde kaum im Verhältniss zu dem Interesse stehen, welches solche Resultate haben können. Lalande wurde von Delambre (Astr. II. p. 617) getadelt, dass er bei dieser Untersuchung die Planetenbahnen als kreisförmig angenommen habe, wodurch allerdings grösste und kleinste Werthe herauskommen können, die niemals stattfinden. Dass die Angaben von Humboldt (*Kosmos* III. p. 434) nicht immer die äussersten Grenzen liefern, liess sich bei der Vergleichung der scheinbaren Durchmesser im folgenden Paragraphen bemerken.

	Horizontal-Parallaxe			Entfernung von der Erde.			
Merkur	5″,906	bis	15″,56	30,01	bis	11,39	Mill. geogr. Meilen
Venus	4,943	„	32,46	35,86	„	5,46	„ „ „
Mars	3,203	„	21,93	55,35	„	8,08	„ „ „
Jupiter	1,328	„	2,160	133,5	„	82,06	„ „ „
Saturn	0,7750	„	1,043	228,7	„	169,9	„ „ „
Uranus	0,4064	„	0,4721	436,1	„	375,5	„ „ „
Neptun	0,2773	„	0,2969	639,2	„	597,1	„ „ „
Sonne	8,4298	„	8,7174	21029170	„	20335450	geogr. Meilen
	8,7139	„	9,0111	20343640	„	19672515	
Mond	53′ 48″	„	61′ 30″	54919	„	48044	„ „

Bei der Sonne ist die erste Angabe mit der Parallaxe 8″,57116 und die zweite mit der Par. 8″,860 berechnet.

Die gebräuchlichste Einheit der Entfernungen im Weltraume ist die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne. Ihre Verwandlung, entsprechend der mittleren Horizontalparallaxe der Sonne = 8″.86 ist gefunden in geogr. Meilen = 20008080 = 23280 Erdhalbmesser = 386$^1/_5$ mittlere Entfernungen des Mondes von der Erde. Für die Planeten sind die mittleren Entfernungen von der Sonne: Merkur 0,38709, Venus 0,72333, Erde 1,000, Mars 1,52369, Jupiter 5,20277, Saturn 9,53885, Uranus 19,18239, Neptun 30,03627. Die Excentricitäten ihrer elliptischen Bahnen wurden so angenommen: Merkur 0,2056, Venus 0,0069 Erde 0,0168, Mars 0,0932, Jupiter 0,0482, Saturn 0,0562, Uranus 0,0466, Neptun 0,0087.

Bei den Fixsternen, wo nur von der jährlichen Parallaxe die Rede sein kann, dient also dieselbe Einheit als Basis. Der grösste bekannte Werth einer Fixsternparallaxe ist die des Sternes α Centauri und sie beträgt sehr nahe 1 Sekunde. Zu dieser Parallaxe gehört demnach eine Entfernung von 206265 Einheiten oder mittleren Entfernungen der Erde von der Sonne, und die

Zeit, welche das Licht gebraucht zu diesem Wege, beläuft sich mittelst der Constante 8′ 18″ (§. 194) auf $3^1/_4$ Jahre.

§. 198. Scheinbare und wahre Durchmesser der Gestirne. Verminderung des Sonnenhalbmessers durch die Irradiation. Grössenclassen der Fixsterne.

Die Fixsterne erscheinen auch in Fernröhren nur als Punkte, wie sich bei ihrer geringen jährlichen Parallaxe, also ihrer entsprechend sehr grossen Entfernung nicht anders erwarten lässt. Denn wenn der nächste Fixstern doch noch 206265 mal so weit als die Sonne entfernt ist, wie es die grösste gefundene Parallaxe erfordert, so wird sein Durchmesser auch um ebenso viel mal kleiner erscheinen als die Sonne, wenn er mit dieser von gleicher Grösse ist. Das gäbe den 100sten Theil einer Sekunde für den scheinbaren Durchmesser des Fixsterns. Oder derselbe Stern müsste den 100fachen Durchmesser der Sonne besitzen, um nur einen scheinbaren Durchmesser von einer Sekunde zu zeigen.

Dagegen stellen sich, ausser Sonne und Mond, auch die Planeten in einer merklichen Scheibenform dar, ausgenommen die kleinen Planeten zwsichen Mars und Jupiter (die s. g. Asteroiden oder Planetoiden), bei denen die Durchmesser zu klein erscheinen, um sie mit einiger Sicherheit direct messen zu können.

Für den Gebrauch bei Beobachtungen giebt man statt der scheinbaren Durchmesser lieber ihre Hälften an, wegen der Reduction auf den Mittelpunkt. Der scheinbare Halbmesser eines Gestirnes ist dann die Hälfte des Winkels, unter welchem er uns erscheint, das ist des Winkels, den die beiden als Tangenten nach dem kugelförmigen Gestirn gerichteten Gesichtslinien mit einander bilden. Ist hiernach r der lineare oder wahre Halbmesser des Gestirns, Δ dessen Entfernung vom Beobachter, ϱ der scheinbare Halbmesser, so wird die Formel $\sin \varrho = \frac{r}{\Delta}$ oder nahe $\varrho = \frac{r}{\Delta}$. Die Horizontalparallaxen der Gestirne (§. 197) sind daher auch nichts anderes als die Winkelgrössen, unter welchen der Erdhalbmesser erscheint, wenn er aus den Entfernungen dieser Gestirne gesehen wird. Ist r' der Erdhalbmesser, so wird die Horizontal-Parallaxe $P = \frac{r'}{\Delta}$, und daher $\frac{\varrho}{P} = \frac{r}{r'}$ oder der scheinbare Halbmesser und die Horizontalparallaxe eines Gestirnes stehen in einem constanten Verhältniss zu einander, oder eigentlich ihre Sinus, nämlich in dem Verhältnisse der linearen oder wahren Durchmesser des Gestirns und der Erde.

Dies Verhältniss zwischen dem scheinbaren Halbmesser und der Horizontalparallaxe setzte Burckhardt für den Mond = 0,2725. Delambre gab 0,2730 und Francoeur 0,2731. Gegenwärtig nimmt man nach Adams 0,273114 (*Naut. Alm.* pr. 1856), wovon er glaubt, dass es nahe den Beobachtungen genügen wird. Der Bruch $^3/_{11} = 0{,}2727$ kann also als Abkürzung dienen. Es ist demnach der Monddurchmesser sehr nahe $= {}^3/_{11}$ des Erddurchmessers. Der Erddurchmesser $= \frac{5400}{\pi} = 1718{,}8730$ geogr. Meilen oder der Erdhalbmesser

= 859,4365 g. M. giebt den Logarithmen 2,9342139 für die Reductionen. Der Monddurchmesser wird mit dem Werthe von ADAMS = 469,45; nach HANSEN 469,2 (in dem älteren Aufsatze von HANSEN — SCHUMACHER's Astr. Jahrb. f. 1837 — war das Verhältniss 0,264 oder der Monddurchmesser 454 g. M. angenommen). Der scheinbare Halbmesser des Mondes in seiner mittleren Entfernung und vom Mittelpunkte der Erde gesehen wird also 0,273114 · (57′ 2″,06) = 15′ 34″,61 und die Extreme 0,273114 · (61 30″) = 16′ 48″ und 0,273114 · (53′ 48″) = 14′ 42″.

Den scheinbaren Halbmesser der Sonne nahmen schon ARISTARCH und ARCHIMEDES zu 15 Minuten an; PTOLEMÄUS 15′ 40″ (*Almag.* V. 14), COPERNICUS 15′ 54″ und 16′ 52″, KEPPLER 15′ 0″ genau und zwar zur Zeit der Sonnenferne, aber nur aus den musikalischen Verhältnissen (*Epit.* p. 477 mit Beziehung auf *Harmon.* Lib. III. Cap. VI). Von den Zeiten FLAMSTEED's (1673), welcher den Durchmesser der Sonne = 31′ 40″ beobachtete, bis MASKELYNE, im Anfange dieses Jahrhunderts, welcher ihn 31′ 29″ fand, kommt eine progressive Abnahme in den Beobachtungen vor, wobei man wohl an die beständige Lichtausströmung und etwaige Verminderung des Sonnenkörpers gedacht hat, doch glaubte LALANDE (*Astr.* 1387) nicht, dass diese Abnahme eine reelle sei, weil man dann wahrscheinlich mehr Sonnenflecke als früher sehen würde, falls die Sonne wirklich in ihren hellen Theilen abgenommen hätte (?). Die Ursache könnte wahrscheinlicher mit der Verbesserung der Fernröhre und der Genauigkeit der Beobachtungen zusammenhängen. LALANDE nahm den Sonnenhalbmesser zu 15′ 45″,2 in der Sonnenferne und 16′ 17″,6 in der Sonnennähe an.

BESSEL (Tab. Reg. p. LI) fand aus einer grossen Menge von Sonnendurchgängen in den Jahren 1820 bis 1828 den Werth des Sonnenhalbmessers bei der mittleren Entfernung von der Erde

$$= 16' \; 0'',90$$

in genauer Uebereinstimmung mit ähnlichen Beobachtungen von STRUVE, und 0″,35 grösser als MASKELYNE. Die Beobachtungen der Sonnenfinsternisse und der Planetendurchgänge vor der Sonne erforderten freilich 2 bis 3 Sekunden weniger, aber die Ursache davon hat man schon der s. g. Diffraction oder Irradiation des Lichtes zugeschrieben, wovon BESSEL glaubte, dass sie wohl für alle Fernröhre eine gleiche sei. Bei der Berechnung der Finsternisse sah LALANDE sich genöthigt, den ganzen Durchmesser der Sonne um 6 Sekunden zu vermindern, um mit den Beobachtungen übereinzustimmen; DU SÉJOUR nahm 7 Sekunden Verminderung zu demselben Zwecke. Die Irradiation, nach NEWTON, soll die Erscheinung bezeichnen, dass sehr helle Gegenstände auf dunklem Grunde etwas grösser aussehen. Die Ursache davon wird der Erregung der dem Bilde auf der Netzhaut des Auges benachbarten Theile zugeschrieben. Für die hellen Fixsterne ist auch ihr plötzliches Verschwinden bei der Bedeckung vom Monde im Widerspruch mit dem Eindrucke eines geringen scheinbaren Durchmessers, den man sonst wahrzunehmen glaubt.

Nach zwölfjährigen Beobachtungen in Greenwich (von 1836 bis 1847) wird für den *Nautical Almanac* jetzt der mittlere Werth des Sonnenhalbmessers

= 16′ 1″,82 angewandt, welches fast eine Sekunde grösser als das obige Resultat von BESSEL ist. In den Sonnentafeln von DELAMBRE, wonach lange die *Connaissance des Temps* berechnet wurde, ist der Sonnenhalbmesser 16′ 1″,4 genommen. FRANCOEUR (*Astron. pratique.* Paris 1840, p. 45) führt als Resultat neuerer Beobachtungen 16′ 1″,45 an. In der Astronomie von DELAMBRE (II. p. 620) ist dafür 16′ 1″,0 gesetzt. Die neuen Sonnentafeln von HANSEN und OLUFSEN geben den Werth nach BESSEL. LEVERRIER (Astron. Nachr. N. 531) setzte nach seinen Untersuchungen für die mittlere Entfernung den Sonnenhalbmesser = 16′ 0″,01.

Das Sinusverhältniss des Halbmessers der Sonne zu ihrer Horizontalparallaxe $= \dfrac{\sin 16' \, 0'',90}{\sin 8,86} = 108,45$ giebt die lineare Grösse des Sonnendurchmessers ausgedrückt in Erddurchmessern. (Man findet 112,11 mit der Horizontalparallaxe 8″57116 von ENCKE, und 0″,1 Vergrösserung der Sonnenparallaxe vermindert diese Zahl um 1,29.) In geogr. Meilen wird der Sonnendurchmesser $= \dfrac{\sin 16' \, 0,''90}{\sin 8,86} \cdot \dfrac{5400}{\pi} = 186418$ M. (192700 mit 8″,57116). Der räumliche Inhalt der Sonne findet sich ferner aus $\left(\dfrac{\sin 16' \, 0'',90}{\sin 8,86}\right)^3 = 1275642$ multiplicirt, wegen der Abplattung, mit $\dfrac{300}{299,1528}$, woraus 1279254 der Rauminhalt der Sonne ist, wenn der Rauminhalt der Erde = 1 gesetzt wird. Die letztere Zahl würde 1412991 mit der Horizontalparallaxe 8″,57116.

Die Excentricität der Erdbahn, wie vorhin angeführt, vermindert den mittleren scheinbaren Sonnenhalbmesser, welcher Ende März und Anfang October stattfindet, zu der Zeit der Erdferne, Anfang Juli, um 15″,85 und vergrössert ihn bei der Erdnähe, Ende December, um 16″,39. Man hat daher für den kleinsten, mittleren (in der Entfernung 1 stattfindenden) und grössten Werth des scheinbaren Sonnenhalbmessers:

15′ 45″,05 16′ 0″,90 16′ 17″,29.

Die scheinbaren Halbmesser der Planeten wurden in den englischen astronomischen Ephemeriden, z. B. noch im *Nautical Almanac* für 1861, mehrentheils nach älteren Bestimmungen von LINDENAU, DELAMBRE und LITTROW angenommen, während schon längere Zeit bessere Beobachtungen namentlich von BESSEL vorhanden waren. Gegenwärtig sind dieselben in Beziehung auf Merkur, Venus und Mars durch die Annahmen aus LEVERRIER's Tafeln für diese Planeten in den englischen Ephemeriden ersetzt.

Für Merkur setzte LALANDE den Halbmesser in der Entfernung 1 = 3″,45 (*Astron.* 1398), DELAMBRE = 3″,3 (*Astr.* II. p. 620). Bei dem Merkurdurchgange vor der Sonne am 5. Mai 1832 fand BESSEL aus sehr genauen Messungen, bei denen keine Abplattung des Planeten zu erkennen war, denselben Halbmesser 3″,345, woraus der Durchmesser in geogr. Meilen = 671 (MÄDLER Astr. 1861 p. 140). Die letztere Zahl ändert sich in 649 geogr. Meilen mit der neuen Bestimmung der Sonnenparallaxe 8″,86 von POWALKY (§. 197). ARAGO führt noch

(*Astron.* Bd. 2. S. 442) das Resultat an, welches Beer und Mädler bei derselben Gelegenheit (Beiträge zur phys. Kenntniss der Himmelskörper. 1841. S. 145 cit. Humboldt) durch ihre Messungen erhalten hatten, nämlich 2″,91 und Humboldt bemerkt im *Kosmos* III. p. 537, dass Mädler das Bessel'sche Resultat vorgezogen habe. Ein ferneres Resultat, ebenfalls von 1832, erhielt Gambart = 2″,59, wie Arago mittheilt, allein in der deutschen Ausgabe von Arago's *Astronomie* erinnert d'Arrest, dass Gambart's mit sehr unvollkommenen Werkzeugen angestellte Messung gegen die Bessel'sche kaum in Betracht kommen könne. Der Merkursdurchgang am 8. Mai 1845, den Leverrier nach seinen neuen Merkurstafeln (v. J. 1843) vorausberechnete und dabei den Halbmesser für den Tag der Beobachtung um 8 Uhr = 6″005 setzte (Astron. Nachr. N. 531), wurde zu verschiedenen Messungen des Planeten benutzt. Mädler erhielt aus seinen Messungen vor der Sonnenscheibe den Halbmesser 5″,877 und reducirt auf die Entfernung 1 = 3″,2711 (Astr. Nachr. N. 538), und Mitchell aus 26 Beobachtungen unter sehr günstigen Umständen 5″,79 (ib. N. 548), also für die Entfernung 1 = 3″,22. J. Schmidt erhielt aus 110 nach Uhrschlägen beobachteten Passagen (1845 Mai 8 und 1861 Nov. 11) den Merkurshalbmesser in der Entfernung 1 = 3″,192 (Astr. Nachr. Nr. 1340), wovon die Beobachtungen des letzten Durchganges allein den Werth 3″,355 gaben. Hartnup beobachtete am Fadenmikrometer 1861 Nov. 11 den Aequatorealhalbmesser 5″,04 und den Polarhalbmesser 4″86 (Astr. Nachr. N. 1343), welches, auf die Entfernung 1 reducirt, den Aequatorealhalbmesser = 3″,41 und den Polarhalbmesser = 3″,29 giebt. Aus der obigen Annahme von Leverrier geht hervor, dass er für die Entfernung 1 den Halbmesser = 3″340, also sehr nahe den Werth von Bessel nimmt, welches auch jetzt noch das sicherste sein wird. Demnach

Merkurshalbmesser = 3″,345 (nach Bessel).

Den Halbmesser der Venus fand Lalande aus seinen Untersuchungen der Venusdurchgänge von 1761 und 1769 (*Astr.* 1398) = 8″,273. Encke bemerkt (p. 108 Venusdurchgang von 1769), dass der Halbmesser der Venus aus dem Durchgange von 1769 nicht mit Sicherheit bestimmt werden könne. Aus dem von 1761 findet Encke (l. c. p. 106) den Halbmesser der Venus = 8″,305 — 0,009 $d\varrho$, wo $d\varrho$ die Correction des angenommenen Sonnenhalbmessers bezeichnet. Dieser war = 958″,424 in der Entfernung 1 genommen, also gegen den später bekannt gewordenen Bessel'schen Werth (16′ 0″,90) um 1″,48 zu klein. Zur Zeit der Beobachtung war der Sonnenhalbmesser ϱ = 945″,83 mithin um 1″,46 vermindert, so wird $d\varrho = +$ 1″,46 und der Venushalbmesser 8″,305 — 0,013 = 8″,292 mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 0″,013, da für den wirklich stattgefundenen Venushalbmesser 28″,725 ± 0,031 $d\varrho$ der $W \cdot F$ ± 0″,047 war. — Arago erhielt mit einem Prismenmikrometer zu Paris den Venushalbmesser = 8″,45; Beer und Mädler im J. 1836 dafür 8″,57 (Arago *Astr.* II. p. 454), also genau wie die von Encke berechnete Sonnenparallaxe, woraus Mädler 1717 Meilen oder Venusdurchmesser gleich dem Erddurchmesser anführen konnte (Astr. 1861 p. 143). Uebrigens ändert sich auch hier wieder mit dem obigen neuen Werthe der Sonnenparallaxe von 8″,86 das

Resultat in Meilen, welches nahe um $^1/_{30}$ kleiner oder 1663 Meilen wird. Ein Resultat von WILLIAM HERSCHEL vom J. 1792 gab den Venushalbmesser für die Entfernung $1 = 9'',39$, welches unzweifelhaft als zu gross angesehen wird. Die Venustafeln von LEVERRIER haben für den Venushalbmesser 8″,305 festgesetzt, welches auch innerhalb der Grenzen des ENCKE'schen Resultats liegt.

Ueber den Planeten Mars sind Messungen von BESSEL (1830—37) am Königsberger Heliometer und von WINNECKE (1856) in Berlin am dortigen kleinen Heliometer vorhanden (Astr. Nachr. N. 838 und N. 1135). Das Resultat von WINNECKE giebt für den Halbmesser des Mars in der Entfernung 1 die Zahl 4″,606. Die Tafeln des Mars von LEVERRIER nehmen 5″,55 an. Die BESSEL'schen Beobachtungen, welche auch für Mars keine Abplattung zu erkennen gaben, sind von OUDEMANUS berechnet und liefern das Resultat:

$$\text{Halbmesser des Mars} = 4'',664 \pm 0''005 \text{ (Nach Bessel).}$$

Der Halbmesser des Jupiter wurde von NEWTON aus POUNDS Beobachtungen, die mit einem 123 Fuss langen Fernrohre von HUYGENS angestellt waren, bestimmt. Für den Aequatorealdurchmesser ergab sich nämlich bei mittlerer Entfernung des Planeten $37^1/_4''$, mithin für den Halbmesser 18″,62 oder in der Entfernung $1 = 96'',87$ (LALANDE 1393). ROCHON fand im J. 1777 den so reducirten Aequatorealhalbmesser $= 97'',4$ und den Polarhalbmesser $= 91'',2$, mithin das Axenverhältniss $\frac{b}{a} = 0,936$ oder die Abplattung des Jupiter $= \frac{a-b}{a} = \frac{1}{15,7}$. Aus zahlreichen Beobachtungen in den Jahren 1812—14 erhielt ARAGO (*Astr.* Bd. 4, p. 270) die Abplattung $= \frac{1}{17}$ und den Aequatorealhalbmesser $= 19'',2$ bei mittlerer Entfernung, mithin für die Entfernung $1 = 99'',892$. STRUVE dagegen hat die Abplattung $= \frac{1}{13,7}$ gefunden. MÄDLER und BEER mit dem Heliometer der Berliner Sternwarte erhielten die Abplattung $= \frac{1}{20}$ (zwischen $\frac{1}{19}$ und $\frac{1}{22}$). MÄDLER bezieht sich in seiner Astronomie (1861, p. 236) nur auf die Messungen von ARAGO in Betreff der Grösse des Halbmessers. KAISER (Astr. Nachr. Bd. 45, p. 209) giebt aus seinen Beobachtungen in Leyden mit einem 6zölligen Münchner Refractor nach 10tägigen Beobachtungen mit 326maliger Vergrösserung den Aequatorealhalbmesser $= 18'',804$ und den polaren Halbmesser $= 17'',580$. Ferner aus 10 Beobachtungen an anderen Tagen und 220maliger Vergrösserung die Werthe 18″,741 und 17″,569. Zusammengestellt sind damit die Resultate aus 12tägigen Beobachtungen von BESSEL (Königsberger Beobachtungen 1833 p. 102): Aequatorealhalbmesser $= 18'',80$, Polarhalbmesser 17″,605, woraus der Aequatorealhalbmesser in der Entfernung $1 = 97'',812$ folgt, sowie die von STRUVE aus 6tägigen Beobachtungen (Astr. Nachr. Bd. V. p. 14 und VI. p. 390): Aequatorealhalbmesser $= 19'',165$ und Polarhalbmesser $= 17'',77$. Das Resultat von STRUVE, welchem der Aequatoreal-

halbmesser in der Entfernung 1 = 99,710 entspricht, ist im *Nautical Almanac* noch gegenwärtig (nach *Mem. Ast. Soc.* vol. III. p. 301) angenommen. Da aber die Messungen von BESSEL eine grössere Reihe umfassen und mit den beiden Reihen von KAISER so gut übereinstimmen, so wird vorläufig als das genaueste Resultat noch gelten können:

Aequatorealhalbmesser des Jupiter $= 97'',812$ (nach BESSEL), Abplattung $= \frac{1}{15,723}$.

Der Aequatorealhalbmesser des Saturn ist nach den letzten Resultaten von BESSEL's Beobachtungen (Astr. Nachr. Bd. 28, p. 387) $= 8'',5265$ und der Polarhalbmesser $= 7'',6905$ bei mittlerer Entfernung (9,53885), also für die Entfernung 1 ist der Aequatorealhalbmesser $= 81'',334$ und der Polarhalbmesser $= 73'',359$, ihr Verhältniss zu einander daher $= 0,90194$. Die englische Angabe für den Aequatorealhalbmesser $= 81'',106$ (nach Astr. Nachr. Nr. 189) begnügt sich mit einer frühern, weniger vollständigen Quelle. Vorzuziehen ist daher als sicherstes Ergebniss für diesen Planeten:

Aequatorealhalbmesser des Saturn $= 81''334$ (nach BESSEL), Abplattung $= \frac{1}{10,198}$.

In Beziehung auf Uranus hat man die neueren Messungen (statt DELAMBRE's Astronomie, worauf sich das genannte englische Jahrbuch beschränkt) von MÄDLER in DORPAT (1842 und 43), wonach der Aequatorealhalbmesser $= 4'',276$ und der Polarhalbmesser $= 3'',860$ beträgt. Damit wird für die Entfernung 1 der Aequatorealhalbmesser $= 41'',00$ und die Abplattung $= \frac{1}{10,28}$ (in DELAMBRE's Tafeln, *Astr.* II. p. 620, ist der Aequatorealhalbmesser $= 37'',25$ ohne nähere Quellenangabe enthalten).

Für Neptun ergaben die Messungen von MÄDLER einen scheinbaren Durchmesser von $2''559$ für 1846 Nov. 4 (MÄDLER's Astronomie p. 298) und die Messungen von MITCHELL in Cincinnati $= 2'',523$ für 1846 Oktober 28. LASSEL fand den Durchmesser $= 2'',713$ aus 10 Bestimmungen zwischen $2'',324$ $3'',035$. Die LASSEL'sche Bestimmung scheint HUMBOLDT (*Kosmos* III. 434) nach GALLE's Mittheilung benutzt zu haben, wo der Durchmesser $= 2'',7$ und das Volumen $= 108$ angesetzt ist. MÄDLER giebt aus seiner und MITCHELL's Messung den Durchmesser zu 7500 Meilen und das Volumen $= 83$. Aus den Messungen der beiden genannten Astronomen wird als der bis jetzt wahrscheinlichste Werth anzunehmen sein für die Entfernung 1:

Neptuns scheinbarer Halbmesser $= 37'',40$ (nach MÄDLER und MITCHELL).

In Verbindung mit der neuen Bestimmung der Sonnenparallaxe $= 8'',86$ (wie oben angeführt) ergeben sich nun die linearen oder wahren Durchmesser, welche die folgende Zusammenstellung enthält, wobei die Columne *A* das Resultat mit der Parallaxe der Sonne $= 8'',57116$ und die Columne *B* das Resultat zufolge der Sonnenparallaxe $8'',860$ darstellt.

	Aequatoreal-Halbmesser in der Entfernung 1.			Aequatoreal-Halbmesser im Verhältniss zum Erdhalbmesser. A	B	Aequatoreal-Durchmesser in geogr. Meilen. A	B
Merkur	3″,345	nach	Bessel	0,39027	0,37755	670,8	649,0
Venus	8,305	„	Leverrier	0,96897	0,93737	1665,5	1611,2
Erde	8,571 8,860	„ „	Encke Powalky	1,00000	1,00000	1718,87	1718,87
Mars	4,664	„	Bessel	0,54415	0,52641	935,3	904,8
Jupiter	97,812	„	Bessel	11,4116	11,0398	19615	18976
Saturn	81,334	„	Bessel	9,4892	9,1800	16311	15779
Uranus	41,000	„	Mädler	4,7834	4,6275	8222	7954
Neptun	37,400	„	Mädler und Mitchell	4,3634	4,2212	7500	7256
Sonne	960,900	„	Bessel	112,108	108,454	192700	186418
Mond	2,341 2,420	(A) (B)		0,27311	0,27311	469,45	469,45

Die extremen Werthe der scheinbaren Halbmesser, in der Erdferne und Erdnähe, gestalten sich im Anschluss an die Parallaxen (§. 197) in folgender Weise:

Merkur	2″,305	bis	6″,073
Venus	4,789	„	31,443
Mars	1,743	„	11,933
Jupiter	15,155	„	24,649
Saturn	7,354	„	9,897
Uranus	1,944	„	2,258
Neptun	1,210	„	1,295
Sonne	15′ 45″,05	„	16′ 17″,29
Mond	14 41	„	16 47

Die Durchmesser der kleinen Planeten (zwischen Mars und Jupiter) durch directe Messungen bestimmen zu wollen, hat bis jetzt zu keinen gut übereinstimmenden Resultaten geführt, da die Winkel, unter welchen sie uns erscheinen, wohl immer kleiner als eine Sekunde bleiben werden. Indessen ergaben diese Versuche doch vorläufig, dass diese Körper kleiner als unser Mond seien, wenn auch Schröter den Durchmesser der Ceres = 345 Meilen fand, während Herschel nur den 10. Theil davon, nämlich 35 Meilen, erhielt. Pallas wurde von Schröter zu 450 Meilen im Durchmesser geschätzt, von Herschel dagegen zu 26½ Meilen und von Lamont zu 145 Meilen*. Unter diesen Umständen musste es von besonderem Interesse sein, dass neuerdings ein anderer Weg eingeschlagen wurde (von Stampfer) zur Beurtheilung der Grössen der kleinen Planeten, nämlich aus den Helligkeiten, die sie zeigen, bei ihren bekannten Entfernungen von Erde und Sonne. Allerdings bleibt dann noch ein Factor der Helligkeit zweifelhaft: die vielleicht verschiedene Beschaffenheit der Oberflächen zur Reflectirung des Sonnenlichtes. Indessen ergaben die Versuche über die Helligkeiten anderer Himmelskörper, deren Grösse schon

* Bruhns, De planetis minoribus. Berolini 1856. — Zach's Monatl. Corresp. Bd. 5 u. 6. — Astron. Nachr. Nr. 324 (Lamont).

bekannt war (Neptun, Uranus, Saturn und die Jupiterssatelliten), unter sich eine nähere Uebereinstimmung in dieser Beziehung, als man erwartete. Und so ist es, in Ermangelung anderer Hülfsmittel, durch photometrische Messungen der Helligkeiten der kleinen Planeten möglich geworden, ihre Durchmesser einigermaassen kennen zu lernen, natürlich in der Voraussetzung, dass ihre Oberflächen keine erhebliche Verschiedenheit der Reflectirung des Sonnenlichtes besitzen. Im Uebrigen beruht demnach die Genauigkeit auf den photometrischen Messungen. Man erhielt dadurch für Ceres den Durchmesser = 49 Meilen, Pallas 37, Juno 24 und Vesta 49 Meilen. Diese vier zuerst entdeckten erwiesen sich zugleich als die grössten unter den bis jetzt untersuchten kleinen Planeten, von denen nur noch Hygiaea (24 M.), Eunomia (26 M.) und Laetitia (23 M.) sich der Grösse der Juno anreihen, während die übrigen darunter bleiben und selbst bis auf 6 Meilen (Circe, Leda), 5 Meilen (Leukothea), ja bis auf $4\frac{1}{2}$ Meilen Durchmesser (Atalante) hinabsteigen. Die Oberflächen der Ceres und Atalante verhalten sich daher an Grösse wie 49^2 zu $(4\frac{1}{2})^2$ oder wie 2401 zu 20. Wenn aber beide von gleicher Grösse angenommen würden, so müsste das Vermögen zur Reflectirung des Lichtes bei dem einen 120 mal geringer als bei dem andern gesetzt werden, was gegen die Analogie der Helligkeitsvergleiche bei den andern Himmelskörpern von bekannter Grösse ist. Das einzige Bedenken wäre, ob die photometrischen Messungen schon den erforderlichen Grad der Genauigkeit besitzen, um die bisher erhaltenen Resultate wenigstens als genähert ansehen zu können.

Nach photometrischen Grundsätzen wird die Helligkeit eines Planeten abhängen von seiner Entfernung von der Sonne r und von der Erde $\varDelta$, wozu noch der Durchmesser D des Planeten und eine Constante f kommt, welche die Fähigkeit bezeichnet, das Licht zu reflectiren. Damit wird nun die Lichtintensität der Planeten

$$= \frac{D^2 f}{r^2 \varDelta^2}.$$

Ist a die mittlere Entfernung dieses Planeten von der Sonne, $a-1$ dessen Entfernung von der Erde, wenn er der Sonne gegenübersteht (in Opposition), so wird diese Intensität

$$= \frac{D^2 f}{a^2 (a-1)^2},$$

welche als Einheit der Lichtstärke für jeden bestimmten Planeten angenommen zu werden pflegt. Die Division des letzten Ausdruckes in den vorhergehenden giebt die jedesmalige Lichtstärke des Planeten in Beziehung auf diese Einheit

$$= \frac{a^2 (a-1)^2}{r^2 \varDelta^2}.$$

Die Beobachtung der Lichtstärke aber bezieht sich im Allgemeinen auf Vergleichungen mit den Helligkeiten der Fixsterne. Die Eintheilung der Fixsterne in G r ö s s e n c l a s s e n nach ihrem Glanze, zunächst in 6 Classen, ist schon seit PTOLEMÄUS üblich geworden. Zu der ersten Classe werden die 17 oder

20 allerhellsten als Sterne erster Grösse gezählt. Die 6. Classe aber umfasst alle Sterne, welche noch für ein gewöhnliches weitsichtiges Auge unter günstigen Umständen deutlich zu erkennen sind, und ihre Anzahl am ganzen Himmel wurde von ARGELANDER auf etwa 3200 geschätzt. Die Anzahl der Sterne in den dazwischenliegenden Stufen beträgt für die 2. Grösse 65 Sterne, 3. Grösse 190, 4. Grösse 425 und 5. Grösse 1100. Doch wird die Gesammtzahl der mit unbewaffneten Augen sichtbaren Sterne auf 5000 bis 5800 angenommen. Mit der Eintheilung ist man seit der Erfindung der Fernröhre über die doppelte Zahl der Grössenclassen gegangen, so dass Sterne bis zur 13. und 14. Grösse unterschieden werden.

Dass diese Ordnungszahlen, die allerdings etwas Willkührliches haben, nicht etwa das directe Maass der Helligkeit bezeichnen sollen, wonach z. B. die Lichtstärke eines Sternes 5. Grösse zu derjenigen der 6. Grösse sich wie $1/5$ zu $1/6$ verhielte, geht schon daraus hervor, dass eine solche Unterscheidung bei zunehmender Abstufung immer weniger verschieden und schwerer zu ermitteln wäre. Natürlicher wird es vielmehr scheinen, die nächstniedrige Stufe etwa halb so hell als die vorhergehende gewählt zu haben. Dies trifft auch einigermaassen zu für die Sterne von der 2. bis zur 6. Grösse nach den photometrischen Vergleichungen des älteren (WILHELM) HERSCHEL. (J. HERSCHEL *Treatise on Astronomy*. Deutsch von NICOLAI: Die Lehre der Astronomie. 1838. p. 442.) Die Lichtstärken dieser Sterne verhalten sich hiernach nämlich wie die Zahlen 25, 12, 6, 2, 1; aber für die Sterne erster Grösse würde nicht 50, sondern 100 zu nehmen sein. Man kommt also der Schätzung näher, wenn es so aufgefasst wird, dass die Helligkeiten der Sterne erster, zweiter, dritter u. s. w. Grösse sich verhalten wie leuchtende Scheiben von dem Durchmesser 1, $1/2$, $1/3$ u. s. w. oder, was dasselbe ist, wie ein Stern erster Grösse in der Entfernung 1, $1/2$, $1/3$ u. s. w. Dadurch werden die Helligkeiten offenbar in dem Verhältnisse 1, $1/4$, $1/9$, $1/16$, $1/25$, $1/36$ ... stehen, welches wenigstens für die 5 ersten Grössenclassen besser stimmt, nachher freilich stärker abweicht.

STEINHEIL fand, dass die übliche Grösseneintheilung der Fixsterne einer geometrischen Reihe mit dem Quotienten $\frac{1}{2{,}83}$ entspreche, aus 26 Sternen von der ersten bis 4. Grösse. (Elemente der Helligkeitsmessung am Sternhimmel. München 1836.) STAMPFER dagegen erhielt aus 132 von ARGELANDER beobachteten Sternen von der 4. bis 10. Grösse für diesen Quotienten oder Exponenten den Werth $\frac{1}{2{,}519}$, wofür zur Abkürzung $\frac{1}{2{,}56}$ gesetzt wurde. (Wiener Sitzungsbericht d. Akad. Bd. VII. p. 756.) Die Definition der Grössenclasse (m) eines Sternes wäre dann durch die Formel gegeben

$$\text{Grösse } m = \frac{1}{2{,}83^{m-1}} \text{ (von d. 1. bis 4. Gr.) und } m = \frac{1}{2{,}56^{m-1}} \text{ (von d. 4. bis 10. Gr.).}$$

Bei der Vergleichung der Helligkeit der kleinen Planeten kommt nur die letzte Formel in Betracht. Man hat daher nach der früheren Bezeichnung die

$$\text{Lichtstärke} = \frac{D^2 f}{r^2 \Delta^2} = \frac{1}{2{,}56^{m-1}},$$

woraus f gefunden werden könnte, wenn D bekannt wäre, und umgekehrt. Nun ergab sich nach STAMPFER dies f als Maass für die Qualität der Oberfläche in Beziehung auf Lichtreflexion folgendermaassen (BRUHNS, *De planetis minoribus* p. 14):

für	Neptun, wo $r =$ 30,04,	$\frac{D}{\Delta} =$ 2″,50,	Grösse $m =$ 7,8;	$f =$ 0,2741
„	Uranus	19,18	4,12	5,8	0,2610
„	Saturn	9,393	18,82	1,0	0,2532
„	Jupit.-Satell.	5,203	1,465	5,25	0,2528.

Merkwürdig ist dabei die Uebereinstimmung der Resultate und namentlich mit Saturn als zur ersten Grössenclasse gehörig. Die Zahl 2,56 unbestimmt $= g$ gesetzt, so giebt die Auflösung dieser 4 Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate $g = 2{,}545$ und $f = 0{,}2471$. Aber g war durch die zahlreichen Fixsternvergleichungen schon bestimmt. STAMPFER setzt $g = 2{,}56$ und $\sqrt{\frac{g}{f}} = 3''{,}25$ oder $f = 0{,}2424$ als Resultat seiner vielfachen Beobachtungen.

Die Gleichung war $\frac{D^2 f}{r^2 \Delta^2} = \frac{1}{g^{m-1}}$, woraus $D = \frac{r\Delta}{g^{\frac{m-1}{2}} f^{\frac{1}{2}}} = \frac{r\Delta g^{\frac{1}{2}}}{g^{\frac{m}{2}} \cdot f^{\frac{1}{2}}}$ oder

$D = \left(\frac{g}{f}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{1}{g}\right)^{\frac{m}{2}} \cdot r \cdot \Delta$, also für D in Sekunden

$$\log D = \log 3''{,}25 - \frac{m}{2} \log 2{,}56 + \log r + \log \Delta$$

$$= 0''{,}51188 - m \cdot 0{,}20412 + \log r + \log \Delta \quad \ldots\ldots \quad \text{I}).$$

Soll aber D in geogr. Meilen ausgedrückt werden, so ist noch $\log \frac{1718{,}873}{2 \cdot 8''{,}57116}$ zu addiren, wodurch

$$\log D = 2{,}51312 - 0{,}20412\, m + \log r + \log \Delta \quad \ldots \quad \text{II}),$$

welches die Formeln von STAMPFER sind. (BRUHNS l. c. p. 15. S. a. ARGELANDER Astron. Nachr. 1855, Nr. 982.)

Wird in der letzten Formel statt 8″,57116 die Sonnenparallaxe nach Dr. POWALKY 8″,860 angewandt, so geht der Zahlenwerth über in 2,49873. Setzt man den durchschnittlichen Werth von $r = 2{,}5$ und von $\Delta = 1{,}5$, so ist

$$\log D = 2{,}51312 - 0{,}20412 \cdot m + 0{,}39794 + 0{,}7609$$
$$= 3{,}08715 - 0{,}20412 \cdot m,$$

also für $m = 8$ würde $D = 28{,}46$ Meilen und für $m = 9$ dagegen $D = 17{,}79$ Meilen, so dass ein Fehler von einer ganzen Classe in der Schätzung der Grösse den Durchmesser um 11 Meilen ändern würde, welches hier ungefähr die Hälfte des ganzen Durchmessers selbst ist.

Der Winkel, unter welchem der Durchmesser erscheint, wird in derselben Voraussetzung (nach der Formel I) für die 8. Grösse $= 0'',2838$ und für die 9. Grösse $= 0'',1773$. Die Schätzung der Helligkeiten nach Grössenclassen ist nicht nur bei verschiedenen Beobachtern oft etwas verschieden, sondern kann auch bei einem und demselben Beobachter sich ändern. So schätzte ARGELANDER in früherer Zeit die Lichtstärke etwas schwächer, wodurch zwei Skalen für diese Beobachtungen zu berücksichtigen sind, die doch zu den sorgfältigsten gehören und gern als Grundlagen benutzt werden.

§. 199. Vergrösserung des Mondhalbmessers mit zunehmender Höhe des Mondes.

Jedes Gestirn, wenn es im Horizonte erscheint, wird vom Beobachter beinahe eben so weit wie vom Mittelpunkte der Erde entfernt sein, da die letztere Entfernung als Hypotenuse immer sehr gross ist im Verhältniss zu dem Erdradius als Kathete. Selbst bei dem Monde, zur Zeit seiner Erdnähe, würde die Entfernung desselben im Horizonte nur etwa 7 geogr. Meilen oder $1/7000$ kleiner sein, als die Entfernung vom Mittelpunkte der Erde, mithin auch der Durchmesser des Mondes nur um $1/3$ Sekunde grösser als vom Mittelpunkte der Erde gesehen erscheinen. Aber bei zunehmender Höhe des Mondes, durch die Rotation der Erde, wird der Beobachter dem Gestirn beträchtlich näher gerückt und zwar selbst um den ganzen Erdhalbmesser, wenn das Gestirn sich im Zenith befindet. Ist ϱ der Halbmesser des Gestirns vom Mittelpunkte der Erde gesehen, Δ die Entfernung des Gestirns vom Mittelpunkte der Erde, r der Halbmesser der Erdäquators und ϱ' der im Zenith erscheinende Halbmesser, so wird, weil die Winkelgrössen im umgekehrten Verhältniss der Entfernung des Gegenstandes stehen: $\varrho' = \varrho \cdot \frac{\Delta}{\Delta - r}$ oder das Maximum der Vergrösserung $\varrho' - \varrho = \varrho \cdot \frac{r}{\Delta - r}$. Für den Mond bei der Erdnähe die extremen Werthe des vorigen Paragraphen angewandt, ergiebt die Vergrösserung des Mondhalbmessers im Zenith $= 18'',33$. Es ist daher $16'\,47'' + 18'' = 17'\,5''$ der grösste Winkel, unter welchem der Mondhalbmesser überhaupt auf der Erde erscheinen kann.

Da das Verhältniss von r zu Δ in Beziehung auf die Sonne ungefähr 400 mal grösser ist, als für den Mond, so würde eine entsprechende Vergrösserung des Sonnenhalbmessers nur etwa $0'',04$ betragen.

Die Aufgabe ist nun, für den Mond die Vergrösserung seines Halbmessers für jede beobachtete Höhe zu finden. Es sei Δ' die Entfernung des Mondes vom Beobachter, so giebt das Dreieck zwischen dem Beobachtungsorte und dem Mittelpunkte der Erde nebst dem Mittelpunkte des Mondes die Relation $\Delta' = \Delta \cdot \frac{\sin z}{\sin(90 + h')}$, wo h' die beobachtete Höhe, z die wahre Zenithdistanz (am Mittelpunkte der Erde) ist. Bezeichnet z' die scheinbare oder beobachtete Zenithdistanz, so wird $\Delta' = \Delta \cdot \frac{\sin z}{\sin z'}$, oder da die Grösse des Mondhalb-

messers im umgekehrten Verhältniss zu den Entfernungen steht, so verhält sich der wahre (vom Mittelpunkte der Erde aus gesehene) Mondhalbmesser zum vergrösserten (beobachteten), wie der Sinus der wahren Zenithdistanz zum Sinus der scheinbaren, oder endlich wie der Cosinus der wahren Höhe zum Cosinus der scheinbaren.

$$\varrho' = \varrho \frac{\cos h'}{\cos h} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1).$$

Die Vergrösserung ist $\varrho' - \varrho = \varrho \dfrac{\cos h' - \cos h}{\cos h} = \varrho \cdot \dfrac{2 \sin \frac{1}{2}(h+h') \sin \frac{1}{2}(h-h')}{\cos h}$

und wegen der Kleinheit des $\sin \frac{1}{2}(h-h') = \frac{1}{2}(h-h') = \frac{1}{2} p \cdot \cos h'$ gesetzt, wenn p die Horizontalparallaxe bezeichnet, $\varrho' - \varrho = \dfrac{p \varrho \sin \frac{1}{2}(h+h') \cos h'}{206265 \cdot \cos h}$,

wo die Division mit $206265 = \dfrac{180 \cdot 60 \cdot 60}{\pi}$, als Längenwerth des Radius in Sekunden ausgedrückt, zugleich die Vergrösserung in Sekunden giebt. Setzt man noch für p den Werth $\dfrac{\varrho}{0{,}273114}$ (nach §. 198), so wird die Vergrösserung in Sekunden:

$$\varrho' - \varrho = \frac{\varrho^2 \sin \frac{1}{2}(h+h') \cos h'}{56334 \cdot \cos h} \quad \ldots \ldots \quad 2).$$

Substituirt man $\dfrac{\cos h'}{\cos h} = \dfrac{\varrho'}{\varrho}$, so ist die Vergrösserung auch:

$$\varrho' - \varrho = \frac{\varrho \varrho' \sin \frac{1}{2}(h+h')}{56334} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 3),$$

oder genähert, indem $\varrho' = \varrho + (\varrho' - \varrho)$ gesetzt wird:

$$\varrho' - \varrho = \frac{\varrho^2 \sin \frac{1}{2}(h+h')}{56334} + \frac{\varrho^3 \sin \frac{1}{2}(h+h')^2}{56334^2} \quad \ldots \quad 4).$$

Für $h = 90^0$, $\varrho = 16' 47''$ giebt die letzte Formel die Vergrösserung wie oben:

$$\varrho' - \varrho = 18'',001 + 0'',322 = 18'',323.$$

Die Näherungsformel 4) würde sich auf Ausdrücke mit h' allein reduciren lassen, wenn man $h = h' + p \cos h' = h' + \dfrac{\varrho}{0{,}273114} \cos h'$ setzte. Statt aber die Entwickelung dieser Substitution weiter zu verfolgen, wird es für die ganz strenge Berechnung doch am kürzesten und bequemsten sein, sich der ursprünglichen Formel 1) zu bedienen.

§. 200. Die Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes. Optische Täuschung in der scheinbaren Vergrösserung von Sonne und Mond in der Nähe des Horizonts.

Die Vergrösserung des Monddurchmessers (§. 199) erklärt nicht, warum der Mond oder die Sonne auffallend grösser erscheinen, wenn sie sehr niedrig stehen; ebenso wenig war es durch die Strahlenbrechung (§. 196) zu erklären, denn beide Umstände bewirken im Gegentheil eine reelle Verkleinerung des Winkels für diese Durchmesser mit abnehmender Höhe. Dass aber jener Eindruck von scheinbarer Vergrösserung auf optischer Täuschung beruhen müsse, davon hat man sich schon überzeugen können, wenn man das Gestirn durch eine Röhre, etwa einen aufgerollten Bogen Papier betrachtete, wo die Vergrösserung verschwand; und noch vollständiger durch wirkliche Messungen, welche nichts von Vergrösserung zeigen, sondern die Resultate der Verkleinerung bestätigen. Denkt man sich eine Wolkenschicht in ungefähr gleichen Abständen von der Erdoberfläche, so wird man die am weitesten vom Standpunkte entfernten Wolken in horizontaler Richtung sehen, und dasselbe würde auch dann noch gelten, wenn die Erdoberfläche eine Ebene wäre. Also die perspectivische Bildung eines Gewölbes käme immer zu Stande, auch bei der Abwesenheit der Wolken durch die Farbe der Luft, und wenn diese nicht sichtbar ist, selbst im luftleeren Raume, müsste der gestirnte Himmel wie ein Gewölbe erscheinen. Aus denselben Gründen der Perspective erscheint das Stück der Erdoberfläche, welches man von beträchtlicher Höhe herab (bei Luftschifffahrten) übersehen kann, nicht mehr als eine Ebene, auch nicht als das, was es wirklich ist, nämlich als convexe, sondern vielmehr als concave Fläche. Betrachtet man den freien Horizont des Meeres in ganz niederwärts gekehrter Stellung des Kopfes, so giebt die Wasserfläche ebenfalls schon den Eindruck eines zum Himmel aufwärts gerichteten Gewölbstückes.

In Beziehung auf die Form des scheinbaren Himmelsgewölbes folgt aus dem perspectivischen Ursprunge unmittelbar, dass die Entfernungen vom Standpunkte des Beobachters zum Gewölbe sich vergrössern werden, je mehr man sich der horizontalen Richtung nähert. Die Form des Gewölbes wird also nicht halbkugelförmig, sondern abgeplattet erscheinen. In welchem Verhältnisse aber die Abstände von der verticalen bis zur horizontalen Richtung wachsend erscheinen, kann wohl nur von den Eindrücken abhängen, wonach das Auge die Entfernungen der gesehenen Gegenstände ungefähr zu schätzen gewohnt ist, wobei verschiedene Umstände mitzuwirken vermögen. Im Allgemeinen erscheinen hellere Gegenstände schon näher als dunklere. Wird der helle Mond abwechselnd von dunklen Wolken verdeckt, so scheint in der Zwischenzeit doch der Mond näher zu sein, als die Wolken. Die horizontale Gesichtslinie ist auf eine dichtere, weniger durchsichtige Luft gerichtet, als die aufwärts gehende. Dieser Umstand kann schon zur Verstärkung der Abplattung des Himmelsgewölbes beitragen. Dazu kommt noch die Menge oder Ausdehnung der irdischen Gegenstände (wenn es auch nur die ebene Wasserfläche ist), welche sich in horizontaler Richtung zur Vergleichung mit den Dimensionen des Gewölbes darbietet.

In ähnlicher Weise machen die von einem Thurme herab gesehenen Gegenstände den Eindruck einer Verkleinerung, im Vergleich mit ihrer Darstellung in horizontaler ebenso grosser Entfernung.

Unter diesen Umständen müssen die unter gleichen oder selbst etwas kleineren Winkeln in der Nähe des Horizontes erscheinenden Dimensionen, wie die Durchmesser von Sonne und Mond, oder die Abstände der Fixsterne von einander, doch den Eindruck der Vergrösserung für den Augenschein darbieten, wenn auch im Widerspruch mit den wirklichen Winkelmessungen. Der wesentliche Grund, warum sie für grösser angesehen werden, kommt darauf zurück, dass sie als entfernter, weil niedriger am Himmelsgewölbe stehend aufgefasst werden.

Rob. Smith bemerkt in seinem Lehrbegriff der Optik (deutsch von Kästner. Altenburg 1755 in 4. p. 57), dass er nicht gefunden habe, ob Jemand vor ihm schon die (abgeplattete) Gestalt des Himmels bestimmte. Kästner erinnert an eine Disputation zu Jena v. J. 1668: *De figura et colore coeli apparente* von Treiber, worin gezeigt werden soll, dass der Himmel wie ein weites, niedriges Gewölbe aussehen müsse, ohne aber in der näheren Bestimmung der Gestalt desselben glücklich zu sein. Spätere Untersuchungen von Mairan (*Mém. de l'Acad.* Paris 1740) nehmen die Gestalt des Gewölbes als Theil einer Kugelfläche an, dessen Mittelpunkt in der verticalen Linie unterwärts vom Beobachter sich befindet. Von derselben Voraussetzung ist auch schon Smith ausgegangen. Dann genügt eine einzige Beobachtung, um die Dimension näher zu bestimmen. Er findet die Mitte des Gewölbebogens zwischen Zenith und Horizont bereits bei einem Höhenwinkel von 23 Graden. Die übrigen 67 Grade bleiben demnach für die andere Hälfte des Gewölbbogens bis zum Zenith. Ist x die Winkelgrösse einer jeden Hälfte dieses Bogens, also der entsprechende Winkel am Mittelpunkte (unterhalb des Standpunktes), so handelt es sich um die Bestimmung des Verhältnisses $\frac{\sin \operatorname{vers} 2x}{\sin 2x} = \frac{2 \sin x^2}{\sin 2x}$ als des Verhältnisses der verticalen zur horizontalen Dimension des Gewölbes, vom Standpunkte des Beobachters aus genommen. Ferner ist, wenn man die Chorden zu den beiden Bögen x anlegt, der Messung zufolge $\operatorname{tang} 23^\circ = \frac{\text{Chorde } x \cdot \sin \frac{3}{2} x}{\text{Chorde } x \cdot \cos \frac{1}{2} x}$ oder die aufzulösende Gleichung erhält die Form

$$\operatorname{tang} 23^\circ = \frac{\sin \frac{3}{2} x}{\cos \frac{1}{2} x},$$

woraus sich durch Versuche leicht $x = 16^\circ\ 33',4$ ergiebt und damit ferner $\frac{2 \sin x^2}{\sin 2x} = \frac{1}{3,3627}$, sowie auch der Halbmesser des Gewölbes $r = 6,157$, wenn

die kürzeste oder verticale Entfernung r sin vers $2x = 1$ gesetzt wird. Die horizontale Weite wäre demnach etwa $3^1/_3$ mal so weit als die verticale vom Standpunkte des Beobachters. Nach diesem Verhältniss ist auch die von Smith mitgetheilte Tafel berechnet:

Höhe der Sonne oder des Mondes in Graden	Scheinbarer (illusorischer) Durchmesser oder Entfernung
0	100
15	68
30	50
45	40
60	34
75	31
90	30.

Wenn man, statt der obigen indirecten, aber leichter ausführbaren, Methode, eine directe zur Bestimmung von x sucht, so führt die Aufgabe auf eine cubische Gleichung, welche auch Kästner, nur etwas umständlich verfolgt. Aus dem Dreiecke, worin $h = 23^\circ$ der einzige gemessene Winkel ist, dem die Seite $2 \sin \frac{1}{2} x$ gegenüberliegt, während die beiden andern Seiten $\sin 2x$ und $\sin x \cdot \sec h$ sind, ergiebt sich $(2 \sin \frac{1}{2} x)^2 = (\sin 2x)^2 + (\sin x \sec h)^2 - 2 \sin 2x \sin x$, woraus $\cos x^3 - (1 - \frac{1}{4} \sec h^2) \cos x - \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \sec h^2 = 0$, oder für $h = 23^\circ$

$$\cos x^3 - 0{,}70496 \cos x - 0{,}20496 = 0.$$

Die drei Wurzeln werden $x = 110^\circ\, 41',4$, $x = 16^\circ\, 33',3$ und $x = 127^\circ\, 14',8$, unter denen der zweite Werth der hier gesuchte ist. Kästner begnügte sich mit einer genäherten Auflösung der cubischen Gleichung und fand $x = 16^\circ\, 56'$ und damit das Verhältniss $1 : 3^6/_{13}$ bezüglich der verticalen und horizontalen Entfernung des Gewölbes vom Beobachter.

§. 201. Die Himmelskugel. Uebersicht der Nomenclatur ihrer Theile.

Verschieden von dem scheinbaren, abgeplatteten Himmelsgewölbe ist im astronomischen Sinne die Himmelskugel. Diese ist eine mit willkührlichem Halbmesser um den Standpunkt des Beobachters als Mittelpunkt beschrieben gedachte vollkommene Kugel. Wo die Gesichtslinien nach den Gestirnen die Oberfläche einer solchen Kugel treffen, sind diejenigen Punkte, welche man als Oerter der Gestirne an oder auf der Himmelskugel bezeichnet. Hiernach hat zwar jeder Standort seine eigene Himmelskugel, allein eine Verschiedenheit der letzteren würde nur daraus entspringen, dass die Entfernung der Standpunkte von einander gegen die Entfernung der Gestirne von denselben nicht verschwindend klein wäre. Die grosse Mehrzahl der Gestirne, die Fixsterne, zeigen aber gar keine Verschiedenheit von der Art, während die nächsten Objecte der Himmelserscheinungen, die Sternschnuppen und Feuerkugeln, schon in sehr verschiedenen

Wegen der Präcession (§. 192) bleiben aber die Durchschnittspunkte von Aequator und Ekliptik nicht unveränderlich und damit wurde es schon nothwendig, die zwölf Zeichen der Ekliptik zu unterscheiden von den gleichnamigen und überdies ungleich begrenzten Sternbildern des Thierkreises. Da die Zeichen genau Zwölftel bedeuten sollen, so umfasst jedes Zeichen 30 Grade, und das erste beginnt mit dem Frühlingspunkte (*Punctum vernale*, *principium arietis*, Kepler). Die 6 Zeichen vom Steinbock zum Krebs werden die aufsteigenden genannt wegen der nordwärts rückenden Stellung der Sonne in ihnen, und die 6 übrigen heissen die niedersteigenden Zeichen. Man findet diese Ausdrücke z. B. in den Regeln für die Zeitbestimmung aus correspondirenden Sonnenhöhen, wo es auf die Unterscheidung ankommt, ob die Sonne sich dem Nordpole oder dem Südpole nähert während der Zwischenzeit, also ob die Sonne in den aufsteigenden oder niedersteigenden Zeichen sich befindet.

Die Symbole für die Zeichen der Ekliptik sind:

♈ ♉ ♊ ♋ ♌ ♍
♎ ♏ ♐ ♑ ♒ ♓

und ihre Form bezieht sich augenscheinlich auf die Figuren der gleichnamigen Sternbilder, wobei etwa noch zu bemerken, dass die Jungfrau geflügelt und mit drei Kornähren abgebildet wurde; ferner dass bei dem Steinbocke, ähnlich wie beim Löwen, die Form des Schweifes angedeutet wird, und dass die Fische durch ein Band mit einander zusammenhängen. Aber dunkel ist die ursprüngliche Einführung dieser bei den Griechen nicht vorkommenden und später allgemein verbreiteten Symbole. Delambre (*Astron.* 1814, I, p. 412) fand sie sogar nicht früher als 1559, wo sie in einem zu Basel gedruckten Werke des Proclus über die vier Bücher des Ptolemaeus vorkommen. Sie finden sich aber auch im Hyginus, Basel 1535, sowie in der Sphära des Joh. v. Sacrobosco, wenigstens in der Ausgabe vom J. 1531 als etwas ganz Bekanntes, und es ist zu vermuthen, dass durch diese einst so weit verbreitete Schrift die Einführung geschehen ist. — Seit der gebräuchlich gewordenen Rechnung bis zu vollen 360 Graden für die Bögen der Himmelskugel hat sich übrigens die Zwölftheilung der Ekliptik in den Berechnungen verloren und kommt etwa nur noch bei dem Gebrauche der Globen in Anwendung.

Mit dem Aequator parallel und diesen mit gerechnet wurden 5 Parallelkreise unterschieden (cf. Proclus, Cleomedes u. A.): 1. der arktische Kreis (*ἀρκτικός κύκλος*), welcher die nicht untergehenden Sterne (Circumpolarsterne) von den übrigen trennt. Dieser arktische Kreis der Alten diente in der Geographie zur Angabe der geographischen Breite und war eigentlich nur eine Umschreibung derselben. So heisst es (Cleomedes) z. B. Thule habe eine solche (nördliche) Lage, dass dort der arktische Kreis mit dem Wendekreise zusammenfalle. 2. Der Sommerwendekreis (*θερινός τροπικὸς*) oder Wendekreis des Krebses durch den Solstitialpunkt des Sommers gezogen. 3. Der Aequator selbst. 4. Der Winterwendekreis (*χειμερινὸς τροπικὸς*) oder Wendekreis des Steinbocks durch den Wintersolstitialpunkt; für diesen Kreis findet sich auch der Name *brumalis circulus* (*bruma — a brevitate diurna*, wie Vitruv erklärt.

Archit. IX, 2). 5. Der **antarktische** Kreis (ἀνταρκτικός), welcher die gar nicht aufgehenden Sterne von den übrigen trennt. Der erste und letzte dieser Kreise waren daher mit dem Standpunkte auf der Erde veränderlich, während wir jetzt die arktischen Kreise oder Polarkreise im festen Abstande vom Pole und genau gleich dem Abstande der Wendekreise vom Aequator annehmen. Diese festen Polarkreise eingeführt zu haben wird dem Johannes de Sacro Bosco * zugeschrieben (nach Lalande, *Astron.* §. 395, mit Berufung auf Scaliger *Epist.* II). Ein Zusammenfallen unserer festen Polarkreise mit den beweglichen arktischen Kreisen der Griechen würde nur stattfinden, wenn der Beobachter sich auf einem Wendekreise befindet. Die Meinung, dass schon Posidonius den festen Polarkreis eingeführt habe, wird ohne Begründung von Gassendi angeführt (*Institutio astronomica*, p. 37).

Die gegenseitige Beziehung zwischen der Erde und der Himmelskugel erfordert für den Aequator beider eine gemeinsame Ebene, für die Wendekreise der Erde und des Himmels dagegen nur eine parallele Lage auf der Oberfläche eines Doppelkegels, dessen Scheitel in den Mittelpunkt der Erde fällt. Und dies bleibt auch so bei der abgeplatteten Gestalt der Erde, da die Ebenen der Erdbahn und des Aequators sich im Mittelpunkte der Erde schneiden. In ähnlicher Weise gestaltet es sich für die Polarkreise der Erde und der Himmelskugel. Nur zu der Ekliptik der letzteren findet sich kein bestimmter entsprechender Kreis der Erdkugel, da bei der Rotation des Erdkörpers jeder, die beiden Wendekreise berührende grösste Kreis (oder vielmehr Ellipse auf der abgeplatteten Erde) für die der Himmelskugel entsprechende Ekliptik zu nehmen wäre, und zwar jeder für den Augenblick der Rotation, wo er mit der Erdbahn zusammenfiele. Wenn gleichwohl auf den Erdgloben eine bestimmte Ekliptik verzeichnet wird (gewöhnlich durch den willkührlichen ersten Meridian gelegt), so geschieht dies zum Gebrauch des Erdglobus als Himmelsglobus für die Auflösung einiger dahin gehörenden Aufgaben.

Der Meridian (μεσημβρινὸς κύκλος) der Himmelskugel oder der Mittagskreis ist der durch den Pol und das Zenith gelegte Kreis. Dass die grösste Höhe eines Gestirns im Meridian stattfinde, ist, strenge genommen, nicht nothwendig; es könnte eine starke eigene Bewegung des Gestirns die Höhe desselben noch etwas vergrössern, wenn es die Ebene des Meridians schon verlassen hätte, oder die Höhe bereits vermindern, bevor der Meridian erreicht wäre.

Zu den Kreisen der Himmelskugel, die merkwürdig genug schienen, sie mit eigenen Namen zu versehen, gehören noch die **Koluren** (κόλουροι oder Stutzschwänze), nämlich die beiden grössten Kreise, von denen einer durch die Weltpole und die Aequinoctialpunkte geht (Aequinoctial-Kolur), während der andere durch die Pole und die Solstitialpunkte gezogen ist (Solstitial-Kolur). Der Grund ihrer sonderbaren Benennung soll (Kepler, *Epitome* p. 169) in dem Umstande liegen, dass ein Stück derselben niemals über den Horizont gelangt, die Kreise also nur immer abgestutzt erscheinen (ausgenommen freilich unter

* Johannes de Sacro Bosco oder Busto, geb. zu Holywood oder Halifax, gest. 1256 zu Paris. Die Ausgabe seines *Libellum de Sphaera* von Melanchton ist vom Jahre 1531.

dem Aequator, welcher indessen gewöhnlich im Alterthume für ebenso unzugänglich wie die Pole gehalten wurde). Wenn nun auch von dem Meridiane sich dasselbe sagen lässt, so gehört dieser doch nicht zu den festen Kreisen der Himmelskugel, da er sich mit dem Standpunkte des Beobachters verändert.

Ferner hat man für jeden Kreis, der parallel mit dem Horizonte gedacht wird, die Benennung Höhenparallel, da alle in ihm befindlichen Gestirne eine gleiche Höhe haben. Aber die Bezeichnung *Almucantharat*, *Almicantorat* und im Englischen *Almucantar* ist für den Höhenparallel auch gebräuchlich. Die Araber sollen (Lalande 185) das Wort aus dem Griechischen gebildet haben von *κέντρον*, daraus *Mokenter*, als zum Mittelpunkte gehörig, und im Plural *Mokenterat* zur Bezeichnung aller Kreise der Himmelskugel, deren Mittelpunkte sich in derselben Verticallinie befinden.

Den gemeinsamen Namen Stundenkreise haben diejenigen grössten Kreise, welche durch die Pole des Aequators gehen; Verticalkreise aber, wenn sie durch das Zenith, und Breitenkreise, wenn sie durch die Pole der Ekliptik gelegt werden. Erster Vertical heisst der Verticalkreis, welcher zum Meridiane senkrecht steht. Declinationsparallele sind die mit dem Aequator, und Breitenparallele die mit der Ekliptik parallel gedachten kleineren Kreise.

Unter den sphärischen Winkeln ist der Stundenwinkel ein Winkel am Pole zwischen dem Meridiane und dem Stundenkreise. Ferner der Azimuthwinkel oder das Azimuth der Winkel am Zenith zwischen dem Meridiane und dem Verticalkreise. Das Wort Azimuth soll von der arabischen Bezeichnung der Richtung (*Semt*) mit dem Artikel (*Al*) davor, *Alsemt* oder *Assemt* durch Veränderung entstanden sein (Costard *History of Astronomy*, London 1767).

Für die horizontale Richtung bei Ortsbestimmungen ist die grösste Anzahl von Eigennamen in Gebrauch gekommen, wenn es auch in Beziehung auf die genaueste Bestimmung völlig genügt, das Azimuth als Bogen des Horizonts in Graden, Minuten u. s. w. anzugeben. Man hat zunächst diejenigen Punkte des Horizonts, welche vom Meridiane geschnitten werden, Nord- und Südpunkt genannt, und so unterschieden, dass ersterer immer dem Nordpole, letzterer dem Südpole näher liegen soll. Eine darauf senkrechte Richtung, welche also die Punkte des Horizonts bezeichnet, die 90 Grade von dem Nord- und Südpunkte entfernt sind, giebt die Namen Ostpunkt und Westpunkt. Dabei kann die Unterscheidung so genommen werden, dass der Ostpunkt zur rechten, der Westpunkt zur linken liegt, wenn man nach Norden sieht; oder auch so, dass der Ostpunkt an der Seite des Horizontes liegt, wo der Aufgang der Gestirne stattfindet, und der Westpunkt an der entgegengesetzten Seite. Diese vier Cardinalpunkte des Horizontes: Nord, Süd, Ost und West, und damit auch die zwischenliegenden Punkte hören nur auf bestimmt zu sein, wenn der Standpunkt des Beobachters auf dem Pole der Erde, also unter dem Himmelspole gedacht wird, wo aber auch der Meridian unbestimmt ist, da Zenith und Pol, welche seine Richtnng angeben sollen, zusammenfallen.

Die sehr einfache Bezeichnungsweise der Unterabtheilungen des Horizontes mittelst der vier Hauptrichtungen (Windrose) scheint deutschen Ursprungs zu sein. Gassendi (1647, *Institutio astr.* p. 40) schreibt z. B. noch, da sich im

Lateinischen nichts entsprechendes findet: *Nord-gen-esten, Nord-est-gen-norden, Nord-gen-ouesten* u. s. w. für die Richtungen Nord zum Osten, NO z N N z W u. s. w.* und daneben die umständliche italienische Bezeichnungsweise, *Quarta di Tramontana Greco* u. s. f. wo neben den vier Cardinalpunkten N, S, O, W, benannt durch *Tramontana, Ostro, Levante* (von *levare*) und *Ponente* (von *ponere*) noch vier neue Eigennamen für die Halbirungspunkte NO, NW, SO, SW, nämlich *Greco, Maestro, Sirocco, Libeccio* (*Lebechio, Garbino*) hinzukommen. Dass auch mit diesen 8 Namen das System nicht ganz consequent durchgeführt ist, sondern der Gebrauch einige Abweichungen eingeführt hat bezüglich der Voranstellung der Hauptpunkte, ergiebt sich aus der folgenden Zusammenstellung der deutschen und der italienischen Windrose.

Norden	
N z W	N z O
NNW	NNO
NW z N	NO z N
NW	NO
NW z W	NO z O
WNW	ONO
W z N	O z N
Westen	Osten
W z S	O z S
WSW	OSO
SW z W	SO z O
SW	SO
SW z S	SO z S
SSW	SSO
S z W	S z O
Süden	

Tramontana	
T 1/4 M	T 1/4 G
MT	GT
M 1/4 T	G 1/4 T
Maestro	Greco
M 1/4 P	G 1/4 Le
PM	GLe
P 1/4 M	Le 1/4 G
Ponente	Levante
P 1/4 Li	Le 1/4 S
P Li	SLe
Li 1/4 P	S 1/4 Le
Libeccio	Sirocco
Li 1/4 O	S 1/4 O
OLi	OS
O 1/4 Li	O 1/4 S
Ostro.	

Die älteste Windrose mit vier deutschen Namen ist von Karl d. Gr. Wir finden hier zum ersten Male den Grundsatz durchgeführt, mittelst der vier Hauptrichtungen allein auch die dazwischenliegenden Gegenden zu bezeichnen, also ohne neue Eigennamen zu Hülfe zu nehmen. Freilich ist diese alte Windrose nur zwölftheilig und über die Bedeutung können Zweifel bleiben, ob es zwölf genau gleiche Theile, oder die strenge genommen ungleichen Theile im Sinne der Griechen sein sollen. Die Vertheilung stellt sich übrigens so:

Nordroni	
Nordwestroni	Nordostroni
Westnordroni	Ostnordroni
Westroni	Ostroni
Westsundroni	Ostsundroni
Sundwestroni	Sundostroni
Sundroni.	

* Varenius (*Geographia generalis*, Cantabrigiae 1712 p. 255) übersetzte freilich N z O, NNO, NO z N u. s. w. mit *Aquilo ad Orientem, Aquil-Aquil-oriens, Aquil-oriens ad Aquilonem etc.* und ignorirte dabei vorläufig alle wirklich im Alterthum gebräuchlichen Eigennamen, indem er sich nur an die 4 Cardinalpunkte hält: *Aquilo, Auster, Oriens, Occidens.* Andere Latinisirungen und Gräcisirungen führt Kepler (*Epitome*, p. 192) an, mit der Bemerkung, dass sie nicht glücklich gewählt seien.

Die Quelle darüber in *Einhardi vita Karoli M.* cap. 29 lautet nämlich, nach Herrn Prof. Weinhold's Mittheilung, wie folgt:

— *Ventis vero hoc modo nomina (Karolus) imposuit ut Subsolanum vocaret Ostroniwint, Eurum Ostsundroni, Euroaustrum Sundostroni, Austrum Sundroni, Austroafricum Sundwestroni, Africum Westsundroni, Zephyrum Westroni, Chorum Westnordroni, Circium Nordwestroni, Septentrionem Nordroni, Aquilonem Nordostroni, Vulturnum Ostnordroni.*

Vorher heisst es in demselben Kapitel: *Ventos duodecim propriis appelationibus insignivit cum prius non amplius quam vix quatuor ventorum vocabula possent inveniri.*

Die alten Griechen sollen auch ursprünglich nur vier Namen für die Windrichtungen gehabt haben und keine anderen im Homer vorkommen, als: Boreas, Notos, Euros und Zephyros. Im Aristoteles aber (*Meteorol.* Lib. II, cap. 6) werden schon 10 Richtungen bestimmt angegeben, und wenn aus der späteren Schrift *De mundo* Lib. II die beiden südlichen Zwischenrichtungen Euronotos und Libonotos hinzugenommen werden, so erhalten wir die griechische zwölftheilige Windrose in folgender Ordnung:

βορέας

θρασκίας ἀργέστης	μέσης καικίας
ζέφυρος	ἀπηλιώτης
λίψ λιβόνοτος	εὖρος εὐρόνοτος

νότος.

Diese Namen der Windrichtungen bezogen sich auf die Eintheilung des Horizontes in 4 gleiche und 4 ungleiche Theile. Man hatte nämlich als Grundlage die Richtung Norden oder die Bärengegend (ἄρκτος), Süden oder Mittag (μεσημβρία), Osten als Aufgangsort der Sonne bei der Tag- und Nachtgleichheit (ἀνατολὴ ἰσημερινή) und Westen als Untergangsort der Sonne für denselben Fall also im Frühlings- und Herbst-Anfange (δυσμὴ ἰσημερινή). Die 4 ungleichen Theile knüpften sich hier so an, dass hinzugenommen wurde, als demnächst bemerkenswertheste Richtung, der Aufgangsort der Sonne bei dem Sommersanfange (ἀνατολὴ θερινή) und der entsprechende Untergangsort (δυσμὴ θερινή); dann südwärts der Wintermorgen (ἀνατολὴ χειμερινή) und die Abendgegend des Winters (δυσμὴ χειμερινή). Hierauf beziehen sich die vom Ost- und Westpunkte nach Norden oder Süden zunächst abweichenden 4 Windrichtungen, so dass der καικίας den Sommeraufgang, der λίψ den Untergang im Winter u. s. w. andeutet. Die letzteren 4 Richtungen bezeichnen also den Abstand der Sonne vom wahren Ost oder West beim Auf- oder Untergange, die s. g. Amplitude der Sonne und zwar zur Zeit des längsten und kürzesten Tages ohne Zweifel, wo dieser Abstand am grössten ist. Auch sollen sich Ausdrücke wie „Sommermorgen" u. s. w. noch gegenwärtig in einigen Gegenden Deutschlands finden zur Bezeichnung der entsprechenden Richtung. Da aber diese Amplitude mit der Polhöhe veränderlich ist und z. B. für Athen 30° 52′, für Rom 33° 24′, für Alexandria

in Aegypten 28° 8 betragen würde, wenn mit der von PTOLEMÄUS beobachteten grössten Declination der Sonne 23° 51′ gerechnet wird, ferner für entlegene Gegenden wie z. B. 55° Polhöhe die Amplitude zu derselben Zeit schon auf 45° steigen müsste, so ist damit im Allgemeinen freilich eine nach der geographischen Breite veränderliche Theilung des Horizontes gegeben. In Beziehung aber auf die bei den Griechen gewöhnlich in Betracht kommenden Gegenden ist doch die Verschiedenheit geringe, und nimmt man einen mittleren Werth von 30 Graden Amplitude an, so würde dies einer Polhöhe von 36° 2′ entsprechen oder dem geographischen Breitenparallel, welcher z. B. durch die Insel Rhodus geht. Dadurch aber wird die ganze griechische Windrose eine gleichtheilige, da ARISTOTELES in den meteorol. Büchern bestimmt angiebt, es solle die Richtung Meses die Mitte zwischen Boreas und Kaikias sein, und die Richtung für Thraskias die Mitte zwischen Boreas und Argestes bedeuten. Wenn also die Richtung Argestes 30 Grade oder $1/_{12}$ des Kreisumfanges vom Westen abweicht, mithin 60 Grade vom Norden, so wird die Mitte oder die Richtung Thraskias auch genau 30 Grade, sowohl vom Boreas als vom Argestes entfernt sein u. s. f. für alle Theile der griechischen Windrose. Aber ganz unbegründet muss es hiernach scheinen, wenn GASSENDI und VARENIUS die Eintheilung der griechischen Windrose so deuten wollen, dass es sich für die Nebenrichtungen um Abstände von $23\frac{1}{2}$ und $66\frac{1}{2}$ Graden von Osten oder Westen handle, wovon die erste Zahl allein nur zutreffen würde, wenn der Standpunkt des Beobachters auf den Aequator verlegt wird, die letzte Zahl ($66\frac{1}{2}$ Grad, unter welche die beim Norden und Süden zunächst liegenden Eintheilungen vom Osten und Westen entfernt sein sollen) aber allein, wenn 43° Amplitude der Sonne, mithin etwa 54° Polhöhe angenommen würde. Gleichzeitig können beide Zahlen niemals stattfinden. Ueberhaupt wird über die Veranlassung oder den Zweck einer so sonderbaren Eintheilung des Horizonts bei dieser Deutung auch nichts angeführt; man sieht nur, dass es eine Uebertragung der Abstände der Wendekreise und der erst später eingeführten festen Polarkreise auf den Horizont sein soll, wo sie sehr unzweckmässig angebracht wären *. Richtiger wird man für die betreffenden Gegenden die griechische Windrose nach dem Obigen als eine gleichtheilige annehmen können und somit die Richtung Argestes zu 30 Graden vom Westen nach Norden, also nahe unserm NW z W entsprechen, oder genauer NW z W $1/_4$ W, ferner Thraskias NW z N oder genauer NNW $3/_4$ W; ebenso Kaikias NO z O, Meses NO z N, Euros SO z O, Euronotos SO z S, Libonotos SW z S, Libs SO z O am nächsten unserer Eintheilung sich anschliessen, während, genau genommen, die geographische Breite des Beobachtungsortes zur Bestimmung der Amplitude, der griechischen Erklärung zufolge, jedesmal in Anwendung kommen müsste.

Von der römischen Windrose giebt SENECA (*Nat. quaest.* V, 16) die zwölftheilige, welche sich der obigen griechischen anschliesst:

* KEPLER (*Epitome*, p. 191), welcher unsere gegenwärtige Eintheilung des Horizontes den Deutschen zuschreibt, von denen die übrigen Nationen sie angenommen hätten, bemerkt über die Windrose der Alten, dass es nur consequent gewesen sei, nachdem sie einen dreifachen Auf- und Untergang der Sonne festgestellt hatten, auch die Nord- und Süd-Richtung dreifach zu theilen und so zu einer 12theiligen Windrose zu gelangen.

Septentrio

Thrascias Corus	Aquilo Caecias
Favonius	Subsolanus
Africus Libonotus	Vulturnus Euronotus

Auster.

Zwei andere römische Windrosen theilt Vitruv mit (*Archit.* I, 6) und zwar zunächst eine achttheilige, von der es nach der ausführlichen Beschreibung nicht zweifelhaft ist, dass sie gleichtheilig sein soll, obgleich Vitruv vorläufig die herkömmlichen Ausdrücke *ab oriente hiberno* in Beziehung auf Eurus, und *ab occidente hiberno* auf Africus anwendet. Hier sind nun die Nebenrichtungen Aquilo, Caurus, Eurus und Africus genau unseren NO, NW, SO und SW entsprechend. Ferner wird hinzugefügt eine 24theilige römische Windrose, in welcher jedem der 8 ersten Winde noch zwei andere rechts und links zur Seite gestellt werden, und zwar immer mit einem besonderen Eigennamen, freilich mit wenig Rücksicht auf deren ursprüngliche Bedeutung, wie das zweitfolgende Schema zeigt:

Septentrio

Caurus	Aquilo
Favonius	Solanus
Africus	Eurus

Auster

Septentrio

Thrascias Corus Caurus Circius Etesiae	Gallicus Supernas Aquilo Boreas Carbas
Favonius	Solanus
Argestes Subvesperus Africus Libonotus Altanus	Ornithiae Caecias Eurus Volturnus Euronotus

Auster.

§. 202. Verschiedene Coordinatensysteme der Himmelskugel.

1. Wird die Ekliptik als Grundebene oder Grundkreis angenommen, so sind die rechtwinkeligen sphärischen Coordinaten, wie schon im Vorhergehenden, durch Länge und Breite bezeichnet. Die Benennungen Länge (*μῆκος*) und Breite (*πλάτος*) finden sich schon bei Ptolemaeus. Als Anfangspunkt der Coordinaten wird der Frühlingsäquinoctialpunkt genommen, und man zählt die Länge bis zu 360° herum in der östlichen Richtung, oder derjenigen, welche der täglichen gemeinsamen Bewegung entgegen ist. Die Breite wird nur bis 90 Grad gezählt, und die nördliche Breite gewöhnlich als die positive, von der südlichen als der negativen unterschieden.

2. Wenn dagegen der Aequator den Grundkreis der rechtwinkeligen sphärischen Coordinaten bilden soll, so heissen die einzelnen Coordinaten: Rectascension oder Gerade Aufsteigung und Declination oder Abweichung (nämlich

vom Aequator). Dabei wird die Rectascension (abgekürzt AR = *Ascensio recta*) ebenfalls vom Frühlingspunkte auf dem Aequator bis zu 360° oder 24 Stunden gezählt, und die Declination durch den Beisatz: nördliche oder positive, südliche oder negative unterschieden.

3. Soll der Horizont den Grundkreis der Coordinaten bilden, so hat man die rechtwinkeligen Coordinaten: Azimuth und Höhe, wo das Azimuth der dem Winkel am Zenith entsprechende Bogen des Horizontes ist und vom Südpunkte oder Nordpunkte desselben gezählt wird. Die Zählung vom Ost- oder Westpunkte pflegt dagegen nur bei dem Auf- oder Untergange der Gestirne angewendet zu werden und heisst der Bogen des Horizontes dann die Amplitude. Auch ist im Deutschen die Benennung: Morgen- und Abendweite nicht ungebräuchlich für *Amplitudo ortiva* und *occidua*.

Man kann diese drei Systeme von rechtwinkligen sphärischen Coordinaten auch als sphärische Polarcoordinaten annehmen, wo im ersten Falle der nördliche Pol der Ekliptik den Anfangspunkt bildet und der Breitenkreis nach dem Aequinoctialpunkte die Anfangsrichtung; ebenso im zweiten Falle der nördliche Weltpol den Anfang der Polarcoordinaten darstellt und man Polardistanz und Rectascension als die sphärischen Polarcoordinaten haben würde. Endlich im dritten Falle wäre das Zenith der Anfangspunkt, so dass Zenithdistanz und Azimuth die sphärischen Polarcoordinaten werden.

Das Wort Rectascension (*Ascensio recta*) hat seinen Ursprung in der älteren Astronomie, wo es von einer schiefen Aufsteigung (*Ascensio obliqua*) unterschieden wurde. Beide sind von dem Aufgehen der Gestirne hergenommen. Schiefe Aufsteigung eines Gestirnes wurde genannt das Stück des Aequators, vom Frühlingspunkte an gerechnet, bis zu dem Punkte, welcher mit dem Gestirn zugleich aufging. Sollte nun noch der Ort des Gestirns völlig bestimmt werden, so musste man die Amplitude dazu beobachten, und diese beiden Stücke sind dann schiefwinkelige sphärische Coordinaten, da der Aequator im Allgemeinen schiefwinkelig zum Horizonte steht. Die schiefe Aufsteigung war durch die Beobachtung der Zeit gegeben, welche zwischen dem Aufgange des Frühlingspunktes und dem Aufgange des Gestirns verfloss. Die gerade Aufsteigung dagegen konnte man mittelst der beobachteten Auf- und Untergänge, welche das ursprüngliche Beobachtungsmittel waren, nicht direct messen, sondern man musste diese erst nachher durch den Unterschied zwischen der geraden und schiefen Aufsteigung (die s. g. Ascensionaldifferenz) bestimmen. In Beziehung auf die Sonne hatte man für ihre Ascensionaldifferenz die Zeit, um wieviel die Sonne vor oder nach 6 Uhr (wahre Zeit) auf- oder unterging*. Durch die später eingeführte Beobachtung im Meridiane (statt im Horizonte) erhielt man direct die gerade Aufsteigung, als den Zeitunterschied zwischen dem Durchgange des Frühlingspunktes und des Gestirnes.

4. Ausser den angeführten drei Coordinatensystemen ist noch als ein viertes das System der Stundenwinkel und Polardistanzen zu bemerken. Es ist freilich

* Für das Untergehen der Gestirne gab es in gleicher Weise eine *Descensio recta* und *obliqua*, deren Unterschied die Descensionaldifferenz war. Die Beobachtungen der Auf- und Untergänge wurden übrigens auch als die wichtigsten in astrologischer Beziehung angesehen. *Nec frustra signorum obitus speculamur et ortus* (*Virg. Georgic.* I. 257).

nicht so allgemein, wie das System der Rectascensionen und Declinationen, da der Stundenwinkel von dem Standpunkte oder dem Meridiane des Beobachtungsortes abhängt. Aber der Stundenwinkel kann ebenfalls als ein Element der Beobachtung angesehen werden und dient überdies sehr einfach als Uebergang zur Rectascension, sowie er zur Verwandlung in andere Coordinaten oft unentbehrlich ist. Das System der Höhen und Azimuthe ist ganz vom Beobachtungsorte abhängig; indessen sind beide Coordinaten Gegenstände der directen Beobachtung.

§ 203. Uebergang von einem Coordinatensysteme zum andern (Transformation der Coordinaten).

I. Um aus der gegebenen Rectascension (α) und Declination (δ) eines Gestirnes nebst der bekannten Schiefe der Ekliptik (ε), die Länge (λ) und Breite (β) des Gestirnes zu finden, kann man zuerst einen Hülfswinkel ζ berechnen, den der Bogen (h als Hypotenuse) vom Gestirne bis zum Frühlingspunkte mit dem Aequator bildet; also nach den Formeln der sphärischen Trigonometrie:

1) $\dfrac{\operatorname{tang}\delta}{\sin\alpha} = \operatorname{tang}\zeta$ und wegen $\operatorname{cotg} h = \dfrac{\cos\zeta}{\operatorname{tang}\alpha} = \dfrac{\cos(\zeta-\varepsilon)}{\operatorname{tang}\lambda}$, auch

2) $\operatorname{tang}\lambda = \operatorname{tang}\alpha\cdot\dfrac{\cos(\zeta-\varepsilon)}{\cos\zeta}$,

3) $\operatorname{tang}\beta = \sin\lambda\cdot\operatorname{tang}(\zeta-\varepsilon)$, nebst der Controlle $\cos\alpha\cos\delta = \cos\lambda\cos\beta$.

Beispiel. Für den Planeten Saturn war am 6. Nov. 1853: $\alpha = 3^h\,48^m = 57^\circ\,0'$, $\delta = +17^\circ\,40'$ und die Schiefe der Ekliptik $\varepsilon = 23^\circ\,27'$. Man findet $\lambda = 58^\circ\,40'$ und $\beta = -2^\circ\,16'$.

II. Soll umgekehrt aus der Länge und Breite eines Gestirns die R. A. und Declination gefunden werden, so hat man mit Benutzung desselben Hülfswinkels die Formeln:

$$\frac{\operatorname{tang}\beta}{\sin\lambda} = \operatorname{tang}(\zeta-\varepsilon),\quad \operatorname{tang}\alpha = \operatorname{tang}\lambda\cdot\frac{\cos\zeta}{\cos(\zeta-\varepsilon)},\quad \operatorname{tang}\delta = \sin\alpha\operatorname{tang}\zeta.$$

Beispiel. Für den Polarstern war (1853) $\lambda = 86^\circ\,30'$, $\beta = +66^\circ\,5'$, $\varepsilon = 23^\circ\,27'$, woraus $\alpha = 16^\circ\,30' = 1^h\,6^m$, $\delta = +88^\circ\,32'$ gefunden wird.

III. Wenn aus dem gegebenen Stundenwinkel t und der Declination δ eines Gestirns für die Polhöhe oder geographische Breite φ eines Ortes die Höhe h und das Azimuth A des Gestirns zu bestimmen ist, so wird die Aufgabe, aus zwei Seiten $90^\circ - \varphi$ und $90^\circ - \delta$ nebst dem eingeschlossenen Winkel t eines sphärischen Dreieckes die dritte Seite $90^\circ - h$ und den einen Winkel A zu finden, welcher der Seite $90^\circ - \delta$ gegenüber liegt.

Will man sich dabei eines sphärischen Perpendikels p bedienen, welches von dem Orte des Gestirns auf den Meridian gefällt ist und dessen Fusspunkt um einen Bogen q vom Pole absteht, so werden die Formeln:

$$\sin p = \cos \delta \cdot \sin t \qquad \operatorname{cotg} A = \operatorname{cotg} p \cdot \cos(\varphi + q)$$
$$\operatorname{tang} q = \operatorname{cotg} \delta \cdot \cos t \qquad \sin h = \cos p \cdot \sin(\varphi + q).$$

Ist h nahe an 90 Grad, so wird die Bestimmung durch den Sinus unsicher und es ist die Tangente vorzuziehen, wonach $\operatorname{tang} h = \cos A \operatorname{tang}(\varphi + q)$.

Auch lässt sich das Perpendikel p eliminiren, und die Formeln werden dann:

$$\operatorname{tang} q = \operatorname{cotg} \delta \cdot \cos t,\ \operatorname{cotg} A = \frac{\operatorname{cotg} t \cdot \cos(\varphi + q)}{\sin q} \text{ oder } \sin A = \frac{\cos \delta \cdot \sin t}{\cos h}$$

$$\sin h = \frac{\sin \delta \sin(\varphi + q)}{\cos q} \quad \text{oder} \quad \operatorname{tang} h = \cos A \cdot \operatorname{tang}(\varphi + q).$$

Die Formeln setzen voraus, dass die Breite sowohl als die Declination positiv zu nehmen seien, wenn sie nördlich, und negativ, wenn sie südlich sind. Ferner dass das Azimuth bei nördlicher Polhöhe vom Norden und bei südlicher vom Süden gerechnet ist, nämlich als Winkel am Zenith in dem Dreiecke zwischen Pol, Zenith und Gestirn. Dies ist auch das Hauptdreieck der sphärischen Astronomie, wegen der vielen Anwendungen, welche namentlich bei Zeit- und Ortsbestimmungen immer darauf zurückführen. Die Seiten desselben Dreiecks sind allemal: Zenithdistanz, Polardistanz und Complement der Breite; und die Winkel, welche diesen Seiten gegenüber liegen, sind der Stundenwinkel, das Azimuth und der Winkel am Gestirne (Positionswinkel von Lacaille genannt, auch parallaktischer Winkel von Lalande, weil er zur Berechnung der Parallaxe in Rectascension und Declination dient; Cagnoli nennt ihn Variationswinkel, *angolo di variazione*).

Zur Prüfung der Rechnung kann noch die Formel dienen $\frac{\sin t}{\sin A} = \frac{\cos h}{\cos \delta}$.

Beispiel. Für den 26. October 1862 um $4^h\,24^m$ mittl. Zeit Nachmittags auf $54^\circ\,19'\,25''$ N.-Breite die Höhe und das Azimuth der Sonne zu finden, als die Declination der Sonne $-12^\circ\,30'$ und die Zeitgleichung $15^m\,56^s$ zur mittleren Zeit zu addiren war.

Hier wird

$$t = 4^h\,24^m\,0^s + 15^m\,56^s = 4^h\,39^m\,56^s = 69^\circ\,59'$$
$$\delta = -12^\circ\,30', \qquad \varphi = 54^\circ\,19'\,25''$$

und die logarithmische Rechnung stellt sich so:

t	$69^\circ\,59'$	cos	9,53440			cotg t	9,56146
δ	$-12\ \ 30$	cotg	0,65424 n	sin	9,33534 n	cos $(\varphi+q)$	9,99951 n
q	$122^\circ\,56',2$	tang	0,18864 n	sec	0,26466 n	cosec q	0,07610
φ	$54\ \ 19,4$		$\varphi + q$	sin	8,67946	cotg A	9,63707 n
$\varphi + q$	$177\ \ 15,6$		$h = 1^\circ\,5',4$	sin	8,27946	$A =$	$113^\circ\,26',4$

oder ferner cos A	9,59966	und zur Controlle: sin t	9,97294	cos h	9,99992
tang $(\varphi + q)$	8,67996	sin A	9,96260	cos δ	9,98958
tang h	8,27962		0,01034		0,01034.
$h = 1^\circ\,5',4$.					

Das hinzugefügte n bei den Logarithmen soll nach der von Gauss eingeführten Bezeichnung andeuten, dass die entsprechende Zahl negativ ist.

IV. Es sei umgekehrt aus dem beobachteten oder gegebenen Azimuth und der Höhe, wenn die Breite ausserdem bekannt ist, der Stundenwinkel und die Declination zu finden.

Mit Beibehaltung desselben Hülfswinkels q, wie im vorigen Falle, ergeben sich aus demselben Dreiecke die Formeln:

$$\operatorname{cotg}(\varphi + q) = \cos A \operatorname{cotg} h\,, \quad \operatorname{cotg} t = \frac{\operatorname{cotg} A \sin q}{\cos(\varphi + q)}\,, \quad \operatorname{tang}\delta = \cos t \operatorname{cotg} q.$$

Beispiel. Gegeben: $A = \text{N. } 113^\circ\, 26',4 \text{ W.}$ oder das Azimuth vom Norden nach Westen gezählt, $h = 1^\circ\, 5',3$ als die Höhe, und $\varphi = +\, 54^\circ\, 19',4$ oder die nördliche Breite. Gesucht: t und δ:

$$\begin{array}{rl}
\cos A & 9{,}59966\,n \\
\operatorname{cotg} h & 1{,}72038 \\ \hline
\operatorname{cotg}(\varphi + q) & 1{,}32004\,n \\
\varphi + q = & 177^\circ\, 15{,}6 \\
\varphi = & 54\quad 19{,}4 \\ \hline
q = & 122\quad 56{,}2
\end{array}
\qquad
\begin{array}{rl}
\operatorname{cotg} A & 9{,}63706\,n \\
\sin q & 9{,}92390 \\
\sec(\varphi + q) & 0{,}00049\,n \\ \hline
\operatorname{cotg} t & 9{,}56145 \\
t = & 69^\circ\, 59',0 \\
= & 4^h\, 39^m\, 56^s.
\end{array}
\qquad
\begin{array}{rl}
\cos t & 9{,}53440 \\
\operatorname{cotg} q & 9{,}81136\,n \\ \hline
\operatorname{tang}\delta & 9{,}34576\,n \\
\delta = & -\,12^\circ\, 30',0
\end{array}$$

Uebrigens hätte man in diesen, wie in ähnlichen Fällen auch die Formeln der sphärischen Trigonometrie von Napier *, und noch vollständiger mit Rücksicht auf die Wahl des sin oder cos zur genaueren Bestimmung, die Formeln von Gauss anwenden können. Die letzteren geben namentlich zugleich eine sichere Prüfung, bei einer nur wenig vermehrten Rechnung, wenn alle Theile des Dreieckes zu bestimmen sind.

---

* Die zuerst 1619 in der *Mirif. Logar. canonis constructio* sich findenden Napier'schen Formeln (oder Analogien, d. i. Proportionen, nämlich nach der älteren Schreibform dieser Gleichungen und der griechischen Benennung der Proportionen) sind bekanntlich, wenn a, b, c die Seiten und A, B, C die gegenüberliegenden Winkel eines sphärischen Dreieckes bezeichnen:

$$\operatorname{tang}\tfrac{1}{2}(A+B)\cos\tfrac{1}{2}(a+b) = \operatorname{cotg}\tfrac{1}{2}C\cos\tfrac{1}{2}(a-b)$$

$$\operatorname{tang}\tfrac{1}{2}(A-B)\sin\tfrac{1}{2}(a+b) = \operatorname{cotg}\tfrac{1}{2}C\sin\tfrac{1}{2}(a-b)$$

$$\operatorname{tang}\tfrac{1}{2}(a+b)\cos\tfrac{1}{2}(A+B) = \operatorname{tang}\tfrac{1}{2}c\cos\tfrac{1}{2}(A-B)$$

$$\operatorname{tang}\tfrac{1}{2}(a-b)\sin\tfrac{1}{2}(A+B) = \operatorname{tang}\tfrac{1}{2}c\sin\tfrac{1}{2}(A-B)$$

und die Gleichungen von Gauss (*Theor. mot.*, 1809, p. 51, auch schon von Mollweide Mon. Corr., Nov. 1808, sowie von Delambre *Conn. d. T.*, 1808, gegeben, aber von Gauss namentlich mit Beziehung auf ihre Verwendungsart empfohlen):

$$\sin\tfrac{1}{2}(A+B)\cos\tfrac{1}{2}c = \cos\tfrac{1}{2}(a-b)\cos\tfrac{1}{2}C$$

$$\sin\tfrac{1}{2}(A-B)\sin\tfrac{1}{2}c = \sin\tfrac{1}{2}(a-b)\cos\tfrac{1}{2}C$$

$$\cos\tfrac{1}{2}(A+B)\cos\tfrac{1}{2}c = \cos\tfrac{1}{2}(a+b)\sin\tfrac{1}{2}C$$

$$\cos\tfrac{1}{2}(A-B)\sin\tfrac{1}{2}c = \sin\tfrac{1}{2}(a+b)\sin\tfrac{1}{2}C$$

Zu dem Problem der Coordinatenverwandlung kann man ferner noch diejenigen Aufgaben rechnen, welche sich auf die Bestimmung der gegenseitigen Entfernung der Anfangspunkte und der Richtung dieser Verbindung beziehen, wenn dazu von den Coordinaten selbst oder ihren Differenzen das Nöthige gegeben ist. So hat man bei den Aufgaben über Zeit- und Breitenbestimmung den Pol und das Zenith als Anfangspunkte der sphärischen Polarcoordinaten, welche hier die Namen Polardistanz und Stundenwinkel oder Zenithdistanz und Azimuth haben. Handelt es sich nun um die besondere Aufgabe der Breitenbestimmung aus einer Höhe und dem bekannten Stundenwinkel nebst der Polardistanz, so wird der Bogen vom Pole bis zum Zenith, also die Entfernung der Anfangspunkte der beiden Coordinaten gesucht, und es erfolgen zwei Auflösungen, die den Bedingungen der Aufgabe entsprechen, wenn die eine der Coordinaten, nämlich das Azimuth unbestimmt gelassen ist. — Es sei ferner die Breite und die Zeit zu bestimmen aus zwei Höhen der Sonne und der verflossenen Zeit nebst den bekannten Polardistanzen, so lässt sich diese Aufgabe auch so ausdrücken, dass von zwei Punkten, nämlich den Oertern des Gestirns nur je eine der Coordinaten in Beziehung auf die beiden Anfangspunkte gegeben seien, und ausserdem noch die Differenz der beiden andern Coordinaten, welche hier durch die verflossene Zeit dargestellt ist. Oder wenn statt des letzteren die Differenz der Azimuthe gegeben wäre, so führte die Aufgabe wieder zu einer von derselben Art, und es würde in beiden Fällen der Abstand vom Pol zum Zenith, mithin die Entfernung der Anfangspunkte der Coordinaten gesucht, so wie auch die Coordinate, welche als Stundenwinkel hier zur Bestimmung der Zeit dient.

Die Auflösung solcher Aufgaben über Zeit- und Ortsbestimmung wird sich daher im Allgemeinen durch die sphärische Trigonometrie ausführen lassen. Auch kann die sphärische Trigonometrie selbst nach ihren Hauptformeln als die Auflösung einer Aufgabe der Verwandlung von Raumcoordinaten angesehen und aus diesem Gesichtspunkte sogar auf die allgemeinste Art hergeleitet werden. Denn wenn x, y, z die drei rechtwinkeligen Coordinaten eines beliebigen Punktes sind, welche in x', y', z' übergehen, wenn die Ebene der $x'\,y'$ gegen die Ebene der $x\,y$ um einen Winkel c geneigt ist, während der Anfang der Coordinaten und die x Axe unverändert bleibt, so sind die allgemeinen Formeln für die Verwandlung dieser Coordinaten:

$$x' = x$$
$$y' = y \cos c - z \sin c$$
$$z' = z \cos c + y \sin c.$$

Werden nun mit b und a die Winkel bezeichnet, welche die erste und die zweite z Axe mit der Entfernung des gegebenen Punktes vom Anfange der Coordinaten bilden, und wird endlich mit derselben Entfernung als Radius $= 1$ eine Kugel um den Anfang der Coordinaten als Mittelpunkt beschrieben, so sind a, b, c die Seiten eines sphärischen Dreieckes, wozu die gegenüberliegenden Winkel mit A, B, C bezeichnet werden mögen. Dann ist nach einfacher Zerlegung:

$$x = \sin b \sin A \quad \text{und} \quad x' = \sin a \sin B$$
$$y = \sin b \cos A \qquad y' = -\sin a \cos B$$
$$z = \cos b \qquad z' = \cos a,$$

also mittelst der obigen Transformationsformeln:

$$\text{I.} \qquad x' = \sin a \sin B = \sin b \sin A$$
$$1) \quad -y' = \sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$
$$\text{II.} \qquad z' = \cos a \qquad = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

und die übrigen Formeln für das sphärische Dreieck ergeben sich leicht aus diesen drei, welche man gern in Verbindung mit einander zum Ausgangspunkte für die Behandlung der Probleme (zuerst vielleicht von LAGRANGE bei der Parallaxenrechnung) benutzt hat. So gibt die Division der ersten Gleichung in die zweite, nachdem noch mit $\sin A$ multiplicirt ist:

$$\sin A \operatorname{cotg} B = \sin c \operatorname{cotg} b - \cos c \cos A,$$

also durch Vertauschung ebenfalls:

$$\text{III.} \quad \cos a \cos B = \operatorname{cotg} c \sin a - \sin B \operatorname{cotg} C.$$

Wird diese Gleichung mit $\sin C$ multiplicint und $\sin a \sin C = \sin c \sin A$ substituirt, so entsteht:

$$\cos c \sin A = \sin B \cos C + \cos B \sin C \cos a,$$

also auch:

$$2) \quad \cos a \sin B = \cos A \sin C + \sin A \cos C \cos b.$$

Um endlich noch $\cos b$ zu eliminiren, wechsele man wieder A und B, also auch a und b, wodurch

$$\cos b \sin A = \cos B \sin C + \sin B \cos C \cos a.$$

Dieser Ausdruck von $\cos b \sin A$ in die vorhergehende Gleichung gesetzt, und mittelst $\cos C^2 = 1 - \sin C^2$ reducirt, so ergibt sich:

$$\text{IV.} \quad \cos A = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a.$$

Man erhält also die 4 Grundgleichungen, I bis IV, und die beiden Hülfsgleichungen 1) und 2), so wie die etwa ferner abzuleitenden Formeln immer noch ebenso allgemein gültig, wie die Formeln zur Coordinatenverwandlung, von welchen ausgegangen wurde, so dass die Einschränkung der Seiten oder Winkel des sphärischen Dreieckes auf die beiden ersten Quadranten bei diesem Verfahren nicht nöthig ist.

Uebrigens kommt diese Behandlung der sphärischen Trigonometrie doch seltener vor, als es bei der Allgemeinheit der Resultate und der Einfachheit des Ganges wünschenswerth erscheinen muss. Ausser den Schriften von LAGRANGE s. m. GRUNERT 1833 im Suppl. zu KLÜGEL's Mathem. Wörterb., F. FRANCKE Lehrbuch der höhern Mathem., Hannover 1851, S. 660, vorzüglich aber F. BRÜNNOW Lehrbuch der sphärischen Astronomie, Berlin 1851, 2. Ausg.

1862, R. BALTZER, die Elemente der Mathematik, Bd. 2, Leipzig 1862, und die Schriften von MÖBIUS noch insbesondere.

Die erforderlichen Data bei den Aufgaben über Zeit- und Ortsbestimmung beruhen theils auf den gemessenen Coordinaten oder deren Differenzen, theils sind sie aus den astronomischen Tafeln zu entlehnen, welche für jeden Zeitmoment die Coordinaten des Gestirns bezüglich seiner Richtung und Entfernung von der Erde entweder unmittelbar angeben oder sich darauf reduciren lassen. Hierbei wird also die Theorie der Bewegung der Gestirne vorausgesetzt. Diese Bewegung ist aber theils eine scheinbare, durch die Bewegung der Erde entstehende Verschiedenheit der Richtungen, theils ist es eine eigene Bewegung der Gestirne selbst, wovon noch im Folgenden einige Erklärungen des Zusammenhanges wegen voranzustellen sind, um demnächst zu den Anwendungen überzugehen.

§. 204. Die eigene Bewegung der Fixsterne.

Die Bewegungen der Erde sind im Vorhergehenden schon im Allgemeinen betrachtet, sowohl die tägliche Rotation um eine bestimmte Axe, als auch die jährliche Bewegung um die Sonne in einer Ebene, die sehr langsamen Schwankungen unterworfen ist; ferner die zweite langsame Rotationsbewegung um eine andere Axe, welche senkrecht zur Ebene der Erdbahn steht, und endlich eine dritte Art von Rotation, vermöge welcher die Erdpole eine kleine Ellipse beschreiben. Im Ganzen sind dies also dreierlei Rotationsbewegungen, nämlich die tägliche Umdrehung, die Präcession und die Nutation, und ferner wegen der jährlichen Bahn um die Sonne und der langsamen Veränderung dieser Bahn auch noch zweierlei räumliche Ortsveränderungen. Dahin würden weiter noch zu rechnen sein diejenigen kleinen Veränderungen, welche aus der Einwirkung der Planeten auf die Gestalt und Grösse der Erdbahn entstehen. Ausserdem aber gehört wesentlich zu den räumlichen Ortsveränderungen der Erde ihre Fortbewegung mit der Sonne und sämtlichen Planeten, seitdem es nicht mehr zweifelhaft ist, dass eine solche Bewegung sich in den kleinen Ortsveränderungen einer grossen Anzahl der Fixsterne gleichsam abspiegelt. Die Richtung dieser gemeinsamen Bewegung unseres Planetensystems ist nach dem Sternbilde des Herkules hin angedeutet, wie zuerst W. HERSCHEL aus einigen Fixsternbewegungen zu behaupten wagte, aber die späteren Untersuchungen von ARGELANDER u. A. haben auf Grund eines vollständigeren Materials dasselbe Resultat bestätigt und näher ermittelt.

Eine grosse Anzahl von Bewegungen verschiedener Fixsterne war dazu um so nothwendiger, als diese ohne Zweifel eben so gut wie die Sonne ihre eigene Bewegung haben, die sich mit demjenigen Theile vermischt, welcher von der alleinigen Bewegung der Sonne herrührt und in Beziehung auf die Sterne also nur scheinbar ist. Man nennt daher im Allgemeinen „eigene Bewegung eines Fixsterns“ ganz einfach denjenigen Theil seiner Ortsveränderung, welcher nicht mehr erklärt werden kann durch die Präcession, Aberration und Nutation. Der Ueberschuss also, nachdem diese bekannten Reductionen angebracht sind, ist die eigene Bewegung. Zeigt sich nun diese von der Art, dass

sie der Periode eines Erdenjahres folgt, so dass sich darin die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne entsprechend so darstellt, wie von dem Fixsterne aus gesehen der Lauf der Erde um die Sonne erscheinen würde, so hätte man die s. g. jährliche Parallaxe des Fixsterns als Grund dieser nur scheinbaren Ortsveränderung. Kommt dagegen eine andere Periode zum Vorschein, wie die neuen Untersuchungen über die Veränderung der eigenen Bewegung des Sirius zeigten, so blieb nur übrig, diese dem Sterne eigenthümliche Bewegung in Beziehung auf eine Hypothese (von Bessel) zu prüfen, welche durch das Beispiel unserer eigenen Sonne gerechtfertigt ist. Die Sonne nämlich muss vermöge der Gegenseitigkeit der Anziehung aller Materie nach dem Newton'schen Gesetze, selbst im kleinen eine ähnliche Bahn beschreiben, wie der sie umkreisende Planet, und nur der gemeinschaftliche Schwerpunkt zwischen Sonne und Planet bleibt unbewegt. Um diesen Schwerpunkt beschreibt demnach die Sonne ihre Bahn, deren Dimensionen nur in dem Verhältnisse kleiner sind, wie die Masse des Planeten von der Masse der Sonne übertroffen wird. In unserm Planetensysteme ist freilich die Masse des grössten Planeten (Jupiter) noch nicht völlig $\frac{1}{1000}$ der Sonnenmasse und daher die Dimension der entsprechenden Sonnenbahn sehr geringe. Aber wir haben keinen Grund, diese Analogie auf andere Sonnensysteme zu übertragen, wo die Massenvertheilung der leuchtenden und dunklen Körper weniger ungleich sein kann. Bessel nahm daher zur Erklärung solcher Veränderungen in der eigenen Bewegung dunkle Körper von beträchtlicher Grösse an, und die fortgesetzten Untersuchungen von Prof. Peters ergaben das interessante Resultat (Astr. Nachr. 1851, Bd. 32, S. 58), dass der Sirius in einer Periode von 50 Jahren eine langgestreckte Ellipse durchlaufe, deren Excentricität nämlich $= 0{,}7994$ ist. Dies Ergebniss aus der „Astronomie des Unsichtbaren" scheint aber doch nachträglich in das Sichtbare hinüberzukommen, seitdem in Amerika 10 Jahre später, am 31. Jan. 1861 auf der Sternwarte des Harvard Collegiums ein sehr kleiner Fixstern als Begleiter des Sirius in $10''$ Entfernung von demselben entdeckt wurde. Dieser von Clark mit einem $18\frac{1}{2}$zölligen Objectiv gemachten ersten Beobachtung des Begleiters des Sirius folgten andere von Chacornac und Lassel über denselben wegen der Nähe des hellen Sterns schwer zu erkennenden und wohl deshalb so lange verborgen gebliebenen kleinen Stern. Es harmonirten aber die beobachteten Stellungen vorläufig recht gut mit den hypothetischen Vorausberechnungen von Peters, wonach überdies der Sirius in den Jahren 1866—69 zu seiner grössten westlichen Ausweichung vom Schwerpunkte gelangen musste und also die Gelegenheit zu ferneren Beobachtungen noch etwas günstiger werden dürfte. Vorläufig ist wenigstens die Möglichkeit vorhanden, dass der aufgefundene Begleiter der von Bessel als dunkel angenommene Körper ist.

Sehr wahrscheinlich tritt somit Sirius in die Reihe der s. g. physischen Doppelsterne, bei welchen der eine Stern nicht etwa nur optisch dem andern nahe zu stehen scheint, sondern mit ihm zu einem eigenen Systeme physisch verbunden ist. Die eigene Bewegung solcher physischen Doppelsterne um einander hat man seit W. Herschel (1780) erst näher zu untersuchen angefangen.

Die Beobachtungen liefern den Abstand der Sterne von einander in Secunden ausgedrückt, und den Positionswinkel, welcher von dem nördlichsten Punkte nach Osten an dem Kreise gezählt zu werden pflegt, den man sich um den hellsten von beiden als Mittelpunkt und der gegenseitigen Entfernung als Radius beschrieben denkt. Das Resultat war, dass der eine Stern um den andern eine Ellipse beschreibt, und zwar bei einigen schon in sehr kurzer Periode. So fand sich für ζ Herculis 36 Jahre Umlaufszeit nach VILLARCEAU, für ξ Urs. maj. 61 Jahre nach SAVARY, für *p* Ophiuchi ungefähr 80 Jahre nach ENCKE und MÄDLER, während bei andern eine Umlaufszeit von mehreren Jahrhunderten angedeutet ist. Die Beobachtung giebt unmittelbar nur die Projection der wahren elliptischen Bahn, und letztere wird den KEPPLER'schen Gesetzen gemäss zu bestimmen gesucht. Aus dem Gelingen dieser Bestimmung ergab sich, dass dasselbe einfache Gesetz der allgemeinen Attraction auch für die Region der Fixsterne gültig ist. Für die Bahn selbst bleibt nur die eine Unbestimmtheit übrig, dass ein elliptischer Cylinder auf zweierlei Art durch eine Ebene geschnitten werden kann, die gleiche Durchschnittsfiguren giebt, es also in diesem Falle unbestimmt bleibt, ob die Neigung der Bahnebene positiv oder negativ, mithin ob der aufsteigende oder niedersteigende Knoten gefunden ist.

Die Fixsterne zeigen ausserdem noch eine allgemeinere fortschreitende Bewegung, welche vorläufig der Zeit proportional gesetzt werden konnte. Dieser eigenen Bewegung folgen nicht nur einzelne Sterne, sondern auch die physisch verbundenen Doppelsterne oft sehr merklich; ganze Gruppen von Sternen, wie die Plejaden, rücken z. B. gemeinschaftlich langsam nach Süden. Die erste Entdeckung dieser eigenen Bewegung geht wohl auf HALLEY zurück (*Phil. Tr.* 1718), welcher die Sterne im 7. Buche des Almagest von PTOLEMAEUS mit den späteren Beobachtungen verglich, um daraus die Präcessionsconstante herzuleiten. Er fand dabei, dass drei Hauptsterne, Aldebaran, Sirius und Arcturus, ihre Breite anders verändert hatten als die übrigen, und entgegengesetzt der Veränderung, welche sie zufolge der Abnahme der Schiefe der Ekliptik haben mussten. Z. B. Aldebran hätte 15′ nördlicher von der Ekliptik stehen müssen, als bei PTOLEMAEUS, und fand sich 20′ südlicher; Sirius 22′ südlicher statt 20′ nördlicher; Arcturus hätte dieselbe Breite behalten müssen und war jetzt 33′ südlicher. Oft sind diese Beobachtungen seitdem wiederholt und im Allgemeinen bestätigt. Bei Arctur würde der Betrag der eigenen Bewegung in 2000 Jahren zu 1¼ Graden oder 2½ Vollmondsbreiten anwachsen, und doch ist diese noch nicht die bedeutendste. ARGELANDER fand für einen kleinen Stern der 7. Grösse (N. 1830 des Verzeichnisses von GROOMBRIDGE) eine jährliche eigene Bewegung von 7″,7, woraus in 2000 Jahren bei vorausgesetzter Unveränderlichkeit dieser Bewegung 4° 17′ oder mehr als 8 Vollmondsbreiten sich ergeben.

Wurde nun als das Wahrscheinlichste angenommen, dass diese eigene Bewegung theils nur eine scheinbare ist, indem sie von der eigenen Bewegung unserer Sonne herrührt, theils aber eine den einzelnen Sternen selbst eigenthümliche, so musste es von Interesse werden, zu untersuchen, in wiefern durch die eigenen Bewegungen der Fixsterne überhaupt ein Fortrücken der Sonne und somit unsers ganzen Planetensystems nach einer bestimmten Richtung an-

gedeutet sei. Da aber die Bewegung der Gesichtslinie nach dem Sterne jenseits verlängert den Weg unseres Planetensystems in entgegengesetzter Richtung darstellen würde, so wären die eigenen Bewegungen zweier Sterne schon hinreichend, wenn sie nur von der Richtung der Sonnenbewegung herrühren, die letztere selbst zu bestimmen. Die Verlängerung des Bogens nämlich, welcher die eigene Bewegung auf der Himmelskugel darstellt, führt schon bei zwei Sternen zu einem Durchschnittspunkte, der anzeigt, wohin die Sonne gerichtet ist, während der um 180 Grade entfernte zweite Durchschnittspunkt die Gegend bezeichnet, von welcher die Sonne herkam. Die Verbindung mehrerer Beobachtungen von verschiedenen Sternen gaben nun den Ort, wohin die Sonnenbewegung geht, folgendermaassen:

1) Nach W. Herschel nahe bei λ Herculis oder genauer 257° AR. und + 27° Declin. (*Phil. Tr.* Vol. 73 und 75. Schub. Astron. II, p. 75.)
2) Nach Gauss (schon 1828, aber erst 1847 bekannt gemacht) aus 71 Sternen, von denen 60 stimmen für die Gegend 258° bis 260° AR. und 30 bis 31° Declin. (Astr. Nachr. Bd. 26, S. 348), also innerhalb eines kleinen Viereckes, in welchem unter 71 Sternen nur 11 den fraglichen Punkt nicht andeuten.
3) Nach Argelander (1837): AR. = 261°, Declin. + 31 aus 390 Sternen (Arago *Annuaire*, 1842).
4) Nach O. Struve (1841): AR. = 260°, Declin. + 35 aus 392 Sternen, oder genauer 259° 35′ + 34° 34′ nebst der jährlichen Bewegung der Sonne 1,6 = 33 Mill. Meilen ± 4 Mill. Meilen (*Astronomie stellaire*, Petersburg 1847).
5) Nach Galloway (1847 *Phil. Tr.* p. 98): AR. = 260°, Declin. = + 34° blos aus südlichen Sternen, die in Europa nicht sichtbar sind *.

Fasst man das Angeführte über die eigene Bewegung der Fixsterne zusammen, so giebt es eine fünffache: 1) eine von der Bewegung der Sonne hervorgebrachte scheinbare Bewegung von langer Periode; 2) eine durch die Bewegung der Erde um die Sonne entstehende, also ebenfalls scheinbare oder parallaktische Bewegung; 3) eine eigene Bewegung der Doppel- und mehrfachen Sterne um ihren gemeinsamen Schwerpunkt; 4) eine ähnliche Bewegung, wobei möglicher Weise dunkle Körper mitwirken; 5) die fortschreitende eigene Bewegung der Fixsterne im Raume von unbekannter langer Periode.

§. 205. Uebersicht der eigenen Bewegung des Mondes.

1. Die elliptische Ungleichheit. Dass die Erde nicht in der Mitte einer genau kreisförmigen Mondbahn sich befinde, wurde schon im Alterthum erkannt aus der ungleichförmigen Bewegung des Mondes während eines jeden Umlaufs um die Erde. Wollte man nämlich die ganze Umlaufsbewegung während dieser Zeit gleichmässig vertheilen, so entstehen Ungleichheiten, die nach 7 Tagen bis zu 6 Graden anwachsen können. Anfangs hatte man zur Erklärung dieser

* Neuere Untersuchungen von Dunkin an der Sternwarte in Greenwich aus der eigenen Bewegung von 1167 Sternen gaben die Resultate für die AR. = 261° 14′.0, $D = + 32° 55′.0$ oder nach einer andern Voraussetzung AR. 263° 43′.9, $D = + 25° 0′.5$ (*Mem. Astr. Soc.* Vol. 32. London 1861. p. 36).

Ungleichheiten die Hypothese einer kreisförmigen Mondbahn festgehalten, und rückte nur die Erde aus dem Mittelpunkte desselben Kreises heraus (excentrischer Kreis der Alten), nahm auch noch einen zweiten Kreis zu Hülfe, dessen Centrum sich auf dem Umfange des ersten Kreises bewegen sollte (Epicykel) u. s. w. Statt dessen haben wir die einfachere und vollständigere Erklärung der Bewegung nach den KEPPLER'schen Gesetzen. Es wird die Mondbahn als Ellipse gesetzt mit der Erde im Brennpunkte. Ihre Excentricität ist durchschnittlich $\frac{1}{18}$ oder genauer $= 0{,}05490307$ nach HANSEN's Mondtafeln.

2. Die rückgängige Bewegung der Knoten. Auch die oberflächlichsten Beobachtungen mussten ferner erkennen lassen, dass die Ebene der Mondbahn ihre Lage ziemlich schnell verändere, da der Mond nach jedem Umlaufe zu anderen Durchschnittspunkten (Knotenpunkten oder Knoten) mit der Ekliptik gelangt, andere Sterngruppen durchzieht. Die Bewegung der Mondknoten zeigt sich zwar ungleichförmig, doch vorwiegend rückgängig oder gegen die Ordnung der Zeichen der Ekliptik und zwar durchschnittlich $1\frac{1}{2}$ Grad monatlich. Die Zeit eines vollen Kreislaufes dieser mittleren rückgängigen Bewegung der Knoten, die schon im Alterthume sehr genau bestimmt wurde, beträgt siderisch 18 jul. Jahre 218 Tage $10^h\ 26'\ 34'' = 6793{,}43512$ Tage, oder tropisch, da auch der Widderpunkt eine rückgängige Bewegung hat, etwas länger, nämlich 18 Jahre 223 Tage $8^h\ 3'\ 14'' = 6798{,}33558$ Tage, mithin ist die Differenz zwischen siderischer und tropischer Bewegung hier $4{,}90046$ Tage $= 4$ Tage $21^h\ 36'\ 40''$, wenn man mit der jährlichen Präcession $= 50'',2236$ rechnet. Die Tafeln von HANSEN (*Tables de la Lune* 1857), welche von der Epoche 1800,00 ausgehen, haben nämlich für die mittlere tropische Umlaufszeit des aufsteigenden Knotens in 100 julianischen Jahren (zu $365\frac{1}{4}$ Tagen) von Ost nach West 5 Umläufe nebst $134^\circ\ 8'\ 59'',61$. (Im Jahrbuch für 1837 hatte HANSEN noch $134^\circ\ 9'\ 57'',5$ übereinstimmend mit DAMOISEAU angegeben.)

3. Die periodische Aenderung der Neigung der Mondbahn. Die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik ist nach denselben Tafeln $= 5^\circ\ 8'\ 40'',21$ und wenn dieser durchschnittliche oder mittlere Werth keine Veränderungen im Laufe der Jahrhunderte erleidet, auch nicht durch die Aenderung der Bahn der Erde selbst, welche den Mond mit sich zieht, so liessen die Beobachtungen doch, wenigstens seit TYCHO BRAHE, ebenfalls erkennen, dass diese Neigung periodischen Schwankungen unterworfen ist, wonach die grösste Breite des Mondes zuweilen nur bis auf $5^\circ\ 0'$ steigt, zu andern Zeiten aber $5^\circ\ 18'$ erreicht.

4. Das Vorrücken der Apsidenlinie. Dass ferner die Linie, welche die Richtung der Erdnähe oder Erdferne des Mondes bezeichnet, also die Hauptaxe der Ellipse oder die Apsidenlinie, nicht in Ruhe sich befinde, sondern grossen und sehr ungleichen Veränderungen unterworfen sei, konnte den Beobachtungen des Alterthums nicht entgehen, da die tägliche Bewegung des Mondes zur Zeit der Erdnähe 14 bis 15 Grade und in der Erdferne nur 11 bis 12 Grade beträgt, also die Lage dieser Punkte im Allgemeinen nicht zweifelhaft blieb. Durchschnittlich zeigte sich nun ein Vorrücken der Apsidenlinie von

3 Graden in jedem Monate, oder ein voller Umlauf derselben in 9 Jahren. Die genaueren Zahlen sind nach den neuesten Tafeln (von HANSEN): mittlere tropische Bewegung der Apsiden in 100 jul. Jahren = 11 Uml. 109° 3′ 2″,46, wonach also der tropische Umlauf der Apsiden = 3231,46627 Tage = 3231 Tg. 11ʰ 11′ 26″ und der siderische Umlauf = 3232,57420 Tg. = 3232 Tg. 13ʰ 46′ 51″ = 8 jul. Jahre 310 Tage 13ʰ 46′ 51″.

5. Die Evection. Die Berücksichtigung der eben angegebenen mittleren Bewegung der Apsidenlinie lässt aber noch grosse Ungleichheiten übrig, die Apsidenlinie schwankt so beträchtlich periodisch vor- und rückwärts, und diese Schwankungen zeigen sich abhängig von der Stellung der Apsidenlinie gegen die Sonne, ebenso verändert sich die Excentricität periodisch und ist von derselben Stellung abhängig, dass zur Ausgleichung dieser Unregelmässigkeiten schon von PTOLEMAEUS eine eigene Correction angewandt wurde, welche wir (nach BULLIALDUS) mit dem Namen Evection bezeichnen. Die Länge des Mondes würde etwas über 1¼ Grad vom Himmel abweichen können, wenn diese Evection nicht berücksichtigt würde.

6. Die Variation. Eine andere Ungleichheit in der Mondesbewegung zeigte sich abhängig von der Stellung des Mondes gegen die Sonne, abgesehen von der jedesmaligen Lage der Mondbahn. Diese Ungleichheit, Variation genannt, wurde von TYCHO BRAHE entdeckt. Sie erreicht ihren grössten Werth von etwa 40 Minuten in den Octanten oder den mittleren Stellungen zwischen den Mondsvierteln und dem Neu- oder Vollmonde.

7. Die jährliche Gleichung. Unter den übrigen zahlreichen Ungleichheiten in der Mondesbewegung ist noch die bedeutendste die jährliche Gleichung, wie KEPPLER sie nannte. Sie wurde ebenfalls von TYCHO BRAHE (1590) aus seinen eigenen sorgfältigen Beobachtungen gefunden, obgleich ihr grösster Werth nur 11 Minuten beträgt. Abhängig ist diese Ungleichheit von dem verschiedenen Orte der Erde in ihrer jährlichen Bahn um die Sonne, so dass ebenfalls die Periode eine jährliche ist. Endlich ist unter den kleineren Ungleichheiten noch besonders zu bemerken:

8. Die parallaktische Gleichung (von NEWTON). Sie ist abhängig von der Stellung des Mondes in Beziehung auf die Sonne, und ihr grösster Werth, 2 Minuten, wird zur Zeit der Quadraturen oder des ersten und letzten Viertels erreicht.

9. Die sphäroidische Gleichung ist merkwürdig unter den kleineren Ungleichheiten in der Mondbewegung, weil sie von der sphäroidischen Gestalt der Erde abhängt. Es sind zwei Gleichungen, deren grösster Betrag resp. 7″ in der Länge und 8″ in der Breite des Mondes werden kann. Die erste ist von TOB. MAYER aus Beobachtungen gefunden und von LAPLACE theoretisch nachgewiesen, die zweite ist von LAPLACE aus der Theorie entdeckt worden.

10. Die Säculargleichung des Mondes. Seit den ältesten Beobachtungen geht durch alle Jahrhunderte fortschreitend, wie HALLEY (1693) zuerst erkannte und RICHARD DUNTHORNE (1749) durch ausführliche Untersuchungen bestätigte, eine Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes oder eine Verkürzung seiner Umlaufszeit und somit eine Abnahme der Entfernung des

Mondes von der Erde. An sich ist der Betrag sehr gering, da hiernach die gegenwärtige Umlaufszeit des Mondes nur um eine halbe Secunde (0″,5732, LALANDE §. 1483) kürzer ist als vor 2000 Jahren, indessen wird wegen der grossen Anzahl von Umläufen während einer so langen Periode der Ort des Mondes doch um einen ganzen Grad verändert, und konnte sich die Erscheinung demnach thatsächlich durch Vergleichung der alten und neuen Mondbeobachtungen manifestiren. Die Säculargleichung giebt diese Winkelbewegung $= 10'',8786\, t^2 + 0'',015981\, t^3$ nach DAMOISEAU (MÖBIUS, Die Elemente der Mechanik des Himmels, Leipzig 1843, p. 210), wo t die seit dem Jahre 1801 verflossenen Jahrhunderte bedeutet. LAPLACE, welcher zuerst den Grund dieser Säculargleichung theoretisch nachwies, fügte noch hinzu, dass es für die Bewegung der Apsidenlinie und der Knotenlinie ebenfalls Säculargleichungen geben müsse, wovon die erste das Dreifache und die letzte drei Viertel des Betrags der Säculargleichung der mittleren Bewegung sein werde (*Mécanique céleste*, T. III, p. 175), dass aber alle diese Ungleichheiten doch nur periodisch sind, wie die Aenderungen der Excentricität der Erdbahn, von der sie ihren Ursprung haben, wenn die Dauer der Periode auch durch viele Jahrtausende fortschreitet, ehe die Abnahme also wieder in eine Zunahme übergehen wird.

Zu den Erscheinungen der eigenen Bewegung des Mondes ist endlich noch die Libration zu rechnen, welche darin besteht, dass zu einer Zeit etwas mehr vom östlichen und weniger vom westlichen Mondrande gesehen werden kann als zu einer andern Zeit, das ist die Libration in der Länge, welche 7 bis 8 Grad auf jeder Seite beträgt, entsprechend etwa dem 7. Theil des Mondhalbmessers, wenn sie am grössten ist. Ferner fand sich die etwas geringere Libration in der Breite, welche sich auf die scheinbare Entfernung der Mondflecken vom Nord- oder Südrande bezieht, und endlich die parallaktische Libration, welche von den verschiedenen Standpunkten auf der Oberfläche der Erde herrührt und nach allen Seiten hinwirken kann. Entdeckt wurde die Libration von GALILEI (1610), vollständiger erklärt jedoch in ihrer beträchtlichsten Wirkung (in der Länge) von NEWTON aus der ungleichförmigen Bewegung des Mondes in seiner Bahn, verbunden mit der gleichförmigen Rotation des Mondes um seine Axe, so wie die Libration in der Breite aus dem Parallelismus seiner Rotationsaxe in Verbindung mit der Neigung seiner Bahn gegen die Erdbahn sich ergiebt. Bekannt gemacht wurde diese Erklärung von NEWTON in den *Institutiones Astronomicae* von NIC. MERCATOR, London 1676, im Anhange, S. 286, wo MERCATOR sie nach einer Mittheilung von NEWTON vorträgt. Uebrigens waren auch HEVELIUS und RICCIOLI auf dieselbe Erklärung gekommen (LALANDE Astr. §. 3299). — Die Rotationsaxe des Mondes macht mit der Ekliptik einen unveränderlichen Winkel von 88° 31′, so dass der Mondäquator gegen die Ekliptik um 1° 28′ geneigt ist. Die Erscheinung der Libration kommt darauf hinaus, dass von der uns abgewandten Seite des Mondes nur $^6/_7$ nie gesehen werden und $^1/_7$ derselben abwechselnd sichtbar und unsichtbar ist. Von einer reellen oder physischen Libration, nämlich einer Ungleichheit zwischen der Umdrehung und seiner Umlaufszeit um die Erde haben die Beobachtungen bisher noch keine sichere Spur gezeigt.

§. 206. Erläuterung über die Veränderungen der Mondbahn.

Eine ordentliche Erklärung über die verschiedenen scheinbaren Unregelmässigkeiten des Mondlaufes hat erst begonnen seit Newton (1687, *Philosophiae naturalis principia mathematica*). Die einzige Grundlage ist dabei das Gravitationsgesetz, wonach alle Körper sich einander anziehen im directen Verhältniss ihrer Masse und im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate ihrer Entfernung von einander. Hieraus leitete Newton zunächst die Keppler'schen Gesetze als nothwendige Folgen ab, in der Voraussetzung, dass neben der Anziehung nur noch ein seitwärts gerichteter beliebiger Impuls zur Bewegung einmal stattgefunden habe. So lange nur zwei Körper auf diese Weise gedacht werden, müssen sie um ihren gemeinsamen Schwerpunkt jeder einen Kegelschnitt, und ebenso relativ der eine Körper um den andern einen solchen, nach den Keppler'schen Gesetzen beschreiben, welche von Newton damit verallgemeinert wurden. Kommt nun noch ein dritter Körper in Betracht, so hat man das „Problem der drei Körper", wobei eine Abweichung vom reinen Kegelschnitte stattfinden wird, und diese Abweichungen, die s. g. Störungen, gesucht werden. Die drei Körper lassen sich demnach als der Centralkörper, der gestörte und der störende Körper auffassen. Im gegenwärtigen Falle sei die Erde der Centralkörper, der Mond der gestörte und die Sonne der störende Körper. Die Störung selbst aber kann nur in der Differenz der Anziehungen liegen, welche die beiden ersten Körper von dem letzteren erleiden. Denn wenn keine solche Differenz vorhanden ist, sondern nur eine gleich grosse und parallel gerichtete Anziehung auf beide wirkt, so werden beide in gleicher Richtung dieser Anziehung folgen, also die relative Stellung des einen Körpers gegen den andern wird sich nicht verändern, mithin eine Störung der Bahn so wenig erfolgen, als wenn gar keine äussere Kraft einwirkte.

Veränderung des Knotens und der Neigung der Bahn. Man kann nun die störende Kraft nach drei Richtungen zerlegt denken, von denen die erste A in der Richtung zum Centralkörper liegt, die zweite B senkrecht darauf in der Ebene der Bahn und die dritte C senkrecht zur Bahnebene. Dann werden die Kräfte A und B, weil sie in der Ebene der Bahn liegen, nichts zur Veränderung dieser Ebene beitragen können. Es bleibt also nur die dritte Kraft C, wodurch der Knoten und die Neigung der Bahn sich ändert. Im Allgemeinen wird nun diese störende Wirkung der Sonne darin bestehen, den Mond auf die Ebene der Ekliptik herabzuziehen. Verbindet man dies mit der Bewegung des Mondes zu einem Parallelogramm der Kräfte, so wird die Richtung des Mondes so verändert werden, dass der neue Knotenpunkt rückwärts gegen den vorhergehenden liegt, also die Knoten werden zurückgehen. Dabei wird sich die Neigung der Mondbahn abwechselnd vergrössern und verkleinern, z. B. vor der Erreichung des aufsteigenden oder niedersteigenden Knotens vergrössern, nachher verkleinern. Die Voraussetzung aber, dass die Kraft C zur Ekliptik hinziehe, kann in besonderen Stellungen der drei Körper ungültig werden. Hierzu wird die Bemerkung genügen, dass die ganze störende Kraft allemal nur in der Ebene der drei Körper ihre Richtung haben kann. Wenn diese Ebene daher

genau mit der Mondbahn zusammenfällt, so wird es keine zur Mondbahn senkrechte Kraft geben, mithin der Knoten ruhen und gleichfalls die Neigung für denselben Moment ungestört sein. Endlich wird der Theil der störenden Kraft, welcher senkrecht zur Mondbahn liegen soll, auch eine Zeit lang von der Ekliptik abwärts gerichtet sein können und damit das Gegentheil, nämlich eine vorwärts gehende Bewegung der Knoten erfolgen. Selbst nach einem vollen Umlaufe des Mondes kann in besonderen Fällen der Knoten der Mondbahn etwas vorgerückt sein. So war z. B. von 1860 Dec. 28 wo ☊ = 292° 41′, bis 1861 Jan. 25, wo diese Knotenlänge = 292° 53′ geworden war, eine Zunahme von 12 Minuten vorgekommen. Im Ganzen aber ergiebt sich schon bei der Betrachtung der verschiedenen möglichen Positionen der drei Körper, dass die Knoten überwiegend zurückgehen müssen, und zwar am schnellsten, wenn die Knotenlinie zur Sonne senkrecht steht und der Mond am weitesten von dem Knoten entfernt ist. In Beziehung auf die Neigung aber wird nur eine periodische Zunahme oder Abnahme zu erwarten sein, wie es auch mit den Beobachtungen übereinstimmt.

Bewegung der Apsiden. Derjenige Theil der störenden Kraft, welcher in der Richtung des *rad. vect.* liegt, wird überwiegend den Mond von der Erde zu entfernen streben. Ihre Intensität muss am grössten sein in den Syzygien (Neu- und Vollmond), weil alsdann der Unterschied der Entfernungen der beiden Körper von der Sonne am grössten ist. In den Quadraturen oder Mondvierteln fällt nur ein kleiner Theil der Störung in den *rad. vect.*, und zwar nach der Erde hin wirkend. Nähert sich der Mond seiner Erdferne, so bildet der *rad. vect.* mit der Richtung der Bewegung einen stumpfen Winkel, welcher (in der Erdferne) zu einem rechten Winkel und nachher in einen spitzen Winkel übergeht. Eine störende Kraft aber im *rad. vect.*, die den Mond von der Erde abzieht, wird den stumpfen Winkel verhindern, sobald in einen rechten Winkel überzugehen, da das Bestreben dahin gehen würde, ihn noch stumpfer zu machen. Die Erdferne muss also später eintreten, jenseits der früheren Richtung, die Apsidenlinie wird vorwärts gehen. Auch nach dem Durchgange durch die Erdferne dauert dieselbe Wirkung noch fort, indem der *rad. vect.* jetzt mit der Bewegungsrichtung einen mehr und mehr spitzen Winkel bilden soll (in der rein elliptischen Bewegung), während die Störung den spitzen Winkel zu vergrössern strebt und damit das neue Apogeum abermals weiter vorwärts verlegt. Nähert sich dagegen der Mond seinem Perigeum, so geht der immer noch spitze Winkel in einen rechten (in der Erdnähe) und dann in einen stumpfen Winkel über. Der spitze Winkel erhält durch dieselbe Störung, welche den Mond von der Erde wegzieht, eine Vergrösserung, also nähert er sich dann dem rechten Winkel mehr und führt die Erdnähe früher herbei, diesseits der früheren Richtung. Die Apsidenlinie geht demnach rückwärts. Nach dem Perigeum wird der stumpf gewordene Winkel durch dieselbe Art der Störung noch stumpfer gemacht. Soll dies der elliptischen Bewegung angeschlossen werden, so muss die Apsidenlinie abermals weiter zurück verlegt werden.

Es folgt also aus der Störung, welche von der Erde hinweg wirkt, bei der Erdferne eine progressive, bei der Erdnähe eine retrograde Bewegung

der Apsiden. Die Störung selbst aber wird für die Erdferne grösser sein, als für die Erdnähe, wegen der grösseren Differenz der Abstände von der Sonne, und wegen des längeren Verweilens bei der Erdferne, daher wird eine solche Störung überwiegend eine progressive Bewegung der Apsiden veranlassen.

Steht aber die Apsidenlinie senkrecht zur Sonne, so wirkt die Störung zur Erde hin und das Resultat ist dann eine retrograde Bewegung der Apsiden. Diese Art der Störung muss indessen weit geringer sein, weil sie nur die Differenz des seitwärts gerichteten Theils der Anziehungen ist, und demnach wird doch die obige progressive Bewegung der Apsiden vorherrschen, als Resultat der Störungen in der Richtung des Radiusvectors.

Ferner ist derjenige Theil der störenden Kraft zu berücksichtigen, welcher senkrecht auf den *rad. vect.* wirkt und die Bewegung des Mondes verzögert oder beschleunigt, woraus wieder eine Veränderung der Lage der Apsidenlinie entstehen kann. In dem Punkte der Erdnähe oder Erdferne selbst wird freilich eine solche Kraft die Apsidenlinie nicht verändern, weil in diesen Punkten der Mond sich in der grossen Axe seiner Bahn befindet, wo die senkrecht zum *rad. vect.* wirkende Kraft nicht die Richtung der Bewegung zu ändern strebt. Dagegen vor der Erreichung der Erdferne bringt dieselbe Kraft den stumpfen Winkel zwischen dem *rad. vect.* und der Bewegungsrichtung, welcher in einen rechten Winkel übergehen soll, früher zu diesem Uebergange, wenn sie die Bewegung beschleunigt. Also vor der Erdferne wird eine die Bewegung beschleunigende Störung die Apsidenlinie rückwärts bringen und eine die Bewegung verzögernde Störung das Gegentheil bewirken, nämlich eine progressive Bewegung der Apsidenlinie. Nach der Erdferne, wo der rechte Winkel in einen spitzen übergeht, verzögert eine durch die Störung senkrecht zum *rad. vect.* beschleunigte Bewegung diesen Uebergang und verlegt damit die Apsidenlinie vorwärts, während eine verzögerte Bewegung die Bildung des spitzen Winkels befördert, mithin die Apsidenlinie weiter zurück schiebt. Die wesentlichsten Wirkungen einer störenden Kraft senkrecht zum *rad. vect.* werden also auf die Apsidenlinie vor und nach der Erreichung der Erdferne von entgegengesetzter Art sein. Ebenso vor und nach der Erdnähe. Die Beschleunigung und Verzögerung aber vertheilt sich der Art auf zwei getrennte Bahnhälften, dass vom letzten Viertel bis zum Neumond und vom ersten Viertel bis zum Vollmonde die störende Kraft senkrecht zum *rad. vect.* beschleunigend wirkt; verzögernd dagegen vom Neumonde bis zum ersten Viertel und vom Vollmonde bis zum letzten Viertel. Geht nun die Apsidenlinie durch die Sonne, so verändert sich das positive oder negative Zeichen für die Richtung der Kraft zugleich mit dem Zeichen für die resultirende Bewegung der Apsiden, so dass eine progressive Bewegung der Apsiden entsteht, so wohl vor als nach der Erdferne, und eine retrograde Bewegung derselben Linie vor und nach der Erdnähe. Da aber die Störung in der Erdferne überwiegt, weil sie an sich grösser ist als in der Erdnähe, und namentlich auch, weil sie länger dauert, so folgt bei dieser Stellung der Apsidenlinie eine überwiegend progressive Bewegung derselben. Das Gegentheil würde freilich stattfinden, wenn die Apsidenlinie senkrecht zur Linie der Syzygien steht, also eine retro-

grade Bewegung das Ergebniss sein. So weit nun lässt sich aus dieser Art von Störung an sich kein Uebergewicht erkennen, aber die andere Störung in der Richtung des *rad. rect.* brachte schon im Ganzen eine progressive Bewegung der Apsidenlinie hervor und damit zugleich ein längeres Verweilen der Apsidenlinie in der Richtung zur Sonne, daher werden auch bei der Störung senkrecht zum *rad. vect.* die Wirkungen bei derselben Stellung überwiegen und aus diesem Grunde die Störung senkrecht zum *rad. vect.* ebenfalls im Ganzen ein Fortschreiten der Apsidenlinie hervorbringen, statt eine Ausgleichung zu bewirken, die bei gleichmässiger Vertheilung der letzteren Kraft stattfände.

Bei genauer Berechnung des Betrags der verschiedenen Störungen der Apsidenlinie zeigte sich überdies noch, dass selbst der dritte Theil der störenden Kraft, welcher senkrecht zur Ebene der Mondbahn ist, einen kleinen Antheil an der Bewegung der Apsiden hat.

Dass es Newton gelungen war, die von Alters her thatsächlich ebenso bekannte wie ihrer Ursache nach räthselhafte Bewegung des Zurückgehens der Knoten und des Fortschreitens der Apsidenlinie der Mondbahn aus dem einfachen Grundsatze der allgemeinen Gravitation zu erklären, war ohne Zweifel einer der schönsten Erfolge der Mathematik, und man sieht noch aus dem Gedichte von Halley, welches dem Newton'schen Werke vorgedruckt ist, mit welcher Begeisterung ein solches Ereigniss begrüsst wurde. So heisst die hierauf sich beziehende Stelle:

Discimus hinc tandem, qua causa argentea Phoebe
Passibus haud aequis eat, et cur subdita nulli
Hactenus Astronomo, numerorum fraena recuset:
Cur remeent Nodi, curque Auges progrediantur.

Die hier noch vorkommende Benennung Auges von Aux für Apsis hat sich später verloren *. Uebrigens ist es doch historisch bemerkenswerth, dass der Betrag der Bewegung der Apsidenlinie von Newton nur halb so gross berechnet wurde, als es den Beobachtungen gemäss sein sollte, und dass auch die Nachfolger Newton's zunächst nichts anderes herausbrachten, so dass man schon zu zweifeln begann, ob das so einfach hingestellte Gravitationsgesetz wirklich strenge gültig sei, bis es Clairaut (1743) gelang, durch eine vervollständigte Berechnung den vollen Betrag der Bewegung der Apsidenlinie darzustellen. Der Zweifel musste also hier wie in ähnlichen Fällen bei derselben Frage, nach seiner Beseitigung, in einen Beweis für die Richtigkeit der Gravitationslehre übergehen.

Veränderung der Excentricität. Die Excentricität der Mondbahn wird periodisch geändert, sowohl durch die störende Kraft, welche in der Richtung des Radiusvectors, als auch durch diejenige Kraft, welche senkrecht darauf in der Ebene der Mondbahn wirkt. Bewegt sich der Mond von seiner Erdnähe zur Erdferne, so muss eine den Mond von der Erde hinwegziehende störende Kraft die Excentricität seiner Bahn vermehren, weil eine solche Kraft den Mond

* Nach Keppler ist die Benennung Aux, Auges durch die lateinischen Uebersetzungen der arabischen Schriften entstanden, da die Araber das griechische Psi in Xi verwandelt hätten. Doch sei auch zu bemerken, dass Augh im Arabischen die Höhe (Altitudo) bezeichne. (Epitome Astr. Copernic. p. 677.)

auf diesem Wege zwingt, den stumpfen Winkel zwischen dem *rad. vect.* und der Bewegungsrichtung zu vergrössern. Umgekehrt ist bei der Bewegung von der Erdferne zur Erdnähe jener Winkel spitz, und die störende Kraft verwandelt durch ihre Abziehung des Mondes aus seiner elliptischen Bahn diesen spitzen Winkel etwas mehr in einen rechten, bringt die Bahn also der Kreisbahn näher.

Die Wirkung der störenden Kraft in der Richtung des *rad. vect.* und von der Erde hinweg gerichtet, besteht also darin, die Excentricität der Mondbahn zu vergrössern auf dem Wege von der Erdnähe zur Erdferne; und die Excentricität zu vermindern während der Zeit von der Erdferne bis zur Erdnähe. Eine entgegengesetzte Kraft, die nach der Erde hin wirkte, würde die entgegengesetzte Wirkung haben.

Die andere störende Kraft, senkrecht zum *rad. vect.*, in der Ebene der Mondbahn, zeigt ihren wechselnden Einfluss auf die Excentricität vorzüglich abhängig von ihren Wirkungen während der Erdnähe oder Erdferne. Wirkt sie beschleunigend, so muss sich die Bahn ausdehnen. Ist diese Störung nun in der Erdnähe geschehen, so kehrt der Mond wieder zu derselben Erdnähe zurück, aber da er in der gestörten Bahn ein entfernter liegendes Apogeum erreicht, so hat die Excentricität zugenommen. Wenn aber dieselbe Beschleunigung nur in der Gegend der Erdferne wirksam war, so wird zwar die Bahn gleichfalls weiter ausgedehnt, also gelangt der Mond zu einem entfernter liegenden Punkte seiner Erdnähe und kehrt doch zu derselben Erdferne zurück, mithin hatte sich die Excentricität verkleinert.

Die Wirkungen der periodischen Veränderung der Excentricität und der Apsidenlinie auf die Länge des Mondes waren die jetzt unter dem Namen Evection im Wesentlichen schon bei Ptolemaeus vorkommenden Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes. Ptolemaeus nannte sie *πρόσνευσις*, Copernicus *Prostaphaeresis minoris epicycli*, Tycho Brahe *Prostaphaerisis excentricitatis.* Die im Alterthum gebräuchliche Benennung *Prostaphaeresis* bezeichnete übrigens nur die Abwechselung von Addition (*πρόςθεσις*) und Subtraction (*ἀφαίρεσις*) und wurde vorzugsweise für die s. g. Gleichung der Bahn, nämlich die Mittelpunktsgleichung oder elliptische Gleichung angewandt.

Die Variation. Tycho Brahe, welcher den Mond auch ausserhalb der Syzygien und Quadraturen beobachtete, fand die andere Hauptungleichheit oder die Variation, deren Maximum in den Zwischenstellungen oder Octanten stattfindet. Man erkannte diese Ungleichheit nachher als die unmittelbare Wirkung des Haupttheils derjenigen störenden Kräfte, welche senkrecht zum *rad. vect.* wirken und die Geschwindigkeit des Mondes beschleunigen oder verzögern, so dass eine kreisförmige Mondbahn sich hierdurch in eine ovale Bahn verwandeln würde, deren grössere Axe immer senkrecht gegen die Richtung zur Sonne liegt. Die Punkte der stärksten Krümmung würden hiernach nämlich diejenigen sein, wohin der Mond mit der am meisten verzögerten Bewegung gelangt, und die Punkte der geringsten Krümmung diejenigen Punkte, welche der Mond erreicht, nachdem er am meisten durch die Störung beschleunigt ist. Eine entgegengesetzte Stellung des Ovals würde zwar die allein in der Richtung des *rad. vect.* wirkende

Störung hervorzubringen streben, allein die hieraus sich ergebende Veränderung in der Länge des Mondes ist schon bei der Evection berücksichtigt.

Die jährliche Gleichung. Die Erde muss in ihrer elliptischen Bahn sich während der einen Hälfte des Jahres der Sonne nähern und in der andern Hälfte wieder entfernen. Dies hat in Beziehung auf den Mondlauf die Folge, dass sich die Umlaufszeit des Mondes in der einen Jahreshälfte verlängert und in der andern verkürzt, weil die allgemeine störende Einwirkung der Sonne darin besteht, die Gravitation des Mondes gegen die Erde zu vermindern, und zwar um so mehr, je näher die Sonne ist. Mit der Umlaufszeit wird ebenso die Entfernung des Mondes von der Erde zunehmen oder abnehmen. Der Einfluss, den dieser Umstand wieder auf die Länge des Mondes hervorbringt, wird die jährliche Gleichung genannt.

Die parallaktische Gleichung. Mit der Variation verbindet sich noch eine Ungleichheit, die ebenfalls nur, wie die Variation selbst, von der Stellung des Mondes in Beziehung auf die Sonne abhängt, und darauf hinauskommt, dass bei übrigens gleichen Abständen des Mondes von der Erde, die unmittelbare Störung bei der geringeren Entfernung des Mondes von der Sonne, z. B. zur Zeit des Neumondes, doch etwas grösser als zur Zeit des Vollmondes ist. Denn wegen dieser geringeren Entfernung ist die Differenz der Anziehungen, also die Störung selbst etwas grösser. Ist nämlich r die Entfernung der Sonne von der Erde und $\frac{r}{400}$ die Entfernung des Mondes, so wird die Differenz der Anziehung zur Zeit des Neumondes $= \frac{1}{\left(r - \frac{r}{400}\right)^2} - \frac{1}{r^2} = \frac{1}{r^2}\left(\frac{2}{399} + \frac{1}{399^2}\right)$ und zur Zeit des Vollmondes $= \frac{1}{r^2} - \frac{1}{\left(r + \frac{r}{400}\right)^2} = \frac{1}{r^2}\left(\frac{2}{400} - \frac{1}{400^2}\right)$, mithin der Unterschied nahe $= \frac{1}{r^2}\frac{1}{40000}$ oder $\frac{1}{200}$ des ganzen Betrags der unmittelbaren Störung. Da die Grösse des Coefficienten der parallaktischen Gleichung von dem Verhältniss der Entfernungen der Sonne und des Mondes abhängen muss, also mittelbar von der Sonnenparallaxe, so hat man umgekehrt diese letztere aus jenem Coefficienten bestimmen können, und das Resultat wurde wenig abweichend von dem der andern Methoden gefunden. Schon Tob. Mayer (1767) bestimmte daraus die Sonnenparallaxe zu 7″,8, während sie früher zu 10″,8 angenommen wurde.

Die sphäroidischen Gleichungen des Mondes haben ihren Grund in der wechselnden Stellung, welche die Mondbahn gegen den abgeplatteten Erdkörper einnimmt. Da nämlich die Anziehung eines Ellipsoides grösser ist für einen äussern Punkt in der Ebene des Aequators als ausserhalb desselben, z. B. in der Rotationsaxe bei gleicher Entfernung vom Mittelpunkt, so folgt eine Veränderung in der Bewegung des Mondes. Rückwärts erhielt Laplace aus dem

beobachteten Werth der Coefficienten die Abplattung $\frac{1}{305}$, welche mit den spätern Gradmessungen nahe übereinstimmt. (*Méc. cél.* T. III, p. 282.)

Die Säculargleichung des Mondes hat, wie Laplace (1787) zuerst nachweisen konnte, ihren Ursprung in der Veränderung der Excentricität der Erdbahn und ist von derselben langen Periode, wie diese. Vergleicht man nämlich eine kreisförmige Erdbahn, deren Radius $= r$ sei, mit der wirklich stattfindenden, deren Excentricität nahe $^1/_{60}$ ist, so wird die Anziehung der Erde von der Sonne im ersten Falle constant $= \frac{1}{r^2}$ gesetzt, im andern Falle dagegen bei dem Perihel $= \frac{1}{r^2\left(1-\frac{1}{60}\right)^2} = \frac{1}{r^2}\left(1+\frac{1}{59}\right)^2 = \frac{1}{r^2}\left(1+\frac{2}{59}+\frac{1}{59^2}\right)$

und bei dem Aphelium $= \frac{1}{r^2\left(1+\frac{1}{60}\right)^2} = \frac{1}{r^2}\left(1-\frac{1}{61}\right)^2 = \frac{1}{r^2}\left(1-\frac{2}{61}+\frac{1}{61^2}\right)$.

Eine völlige Ausgleichung mit den Anziehungen in der Kreisbahn findet also nicht statt, sondern die halbe Summe der Anziehungen im Perihel und Aphel ist $= \frac{1}{r^2}\left\{1+\frac{1}{59}-\frac{1}{61}+\frac{\frac{1}{2}}{59^2}+\frac{\frac{1}{2}}{61^2}\right\}$ und das ist etwas mehr als die Anziehung in der mittleren Entfernung, ungefähr um $\frac{1}{1200}$. Die Störung des Mondes, oder die Differenz der Anziehungen von Erde und Mond, wird demnach ebenfalls sich vermindern, da die Excentricität der Erdbahn sich vermindert, ohne dass die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne sich merklich ändert. Die allgemeine Wirkung der Störung des Mondes durch die Sonne besteht aber darin, dessen Gravitation gegen die Erde zu vermindern, also wird diese Gravitation zunehmen und damit die Umlaufszeit des Mondes sich verkürzen, bis die Excentricität der Erdbahn durch die Störungen der Planeten wieder zunimmt, welches nach der Berechnung dieser langen Periode erst nach 24 Tausend Jahren stattfindet, um dann wieder in eine Vergrösserung der Excentricität überzugehen, deren Dauer man etwa zu 50 Tausend Jahren veranschlagen konnte.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass immer die eine Störung durch ihr Vorhandensein schon die Quelle neuer Störungen wird, die aufeinander zurückwirken müssen. Es würde sich dies bei der Berechnung selbst ins Unendliche ausdehnen, wenn nicht die daraus entspringenden Wirkungen und Gegenwirkungen immer kleiner werden müssten. Fernere Erläuterungen dieser Art über die vorkommenden Störungen findet man seit J. Herschel vorzüglich in G. B. Airy: *Gravitation; an elementary explanation of the principal perturbations in the solar system*, 1834; dasselbe auch deutsch von Littrow, Stuttgart 1839, unter dem Titel: Populäre physische Astronomie. Eine elementare theoretische Behandlung ist von Möbius erschienen: Die Elemente der Mechanik des Himmels.

Leipzig 1843. Das Hauptwerk über den Gegenstand ist von LAPLACE. *Mécanique céleste.* T. I—V. Paris 1799—1825.

Setzt man die Form der elliptischen Ungleichheit und der periodischen Störungen so weit als bekannt voraus, dass es sich hier um periodische Functionen handele, die von den Sinus der beschriebenen Winkel und ihrer Vielfachen abhängig dargestellt werden können, auch wenn man statt der wirklich beschriebenen oder wahren Winkel ihre durchschnittlichen und mittleren Werthe setzt, wie sie dem gegebenen Zeitintervalle als gleichförmig wachsend entsprechen würden, so lassen sich auf ganz empirischem Wege die s. g. Zahlencoefficienten der betreffenden Gleichungen aus vorhandenen Beobachtungen sehr einfach bestimmen. DELAMBRE (Astronomie 1812, II, p. 308) beschreibt das Verfahren, dessen er sich bei der Construction seiner astronomischen Tafeln bediente, welche längere Zeit im Gebrauch waren, sowohl für die Sonne und die Planeten Jupiter, Saturn, Uranus, wie auch für die Jupiterssatelliten, auf diese Weise. Es sei λ' die wahre Länge des gestörten Körpers, λ die mittlere Länge, α die mittlere Anomalie desselben, α' die mittlere Anomalie der Sonne, δ der Ueberschuss der Länge des gestörten Körpers über die Sonnenlänge, so setze man:

$$\lambda' = \lambda + a \sin \alpha + b \sin 2\alpha + c \sin 3\alpha + d \sin(2\delta - \alpha) + e \sin 2\delta + f \sin \alpha'$$

und für einen zweiten Zeitpunkt:

$$\lambda'_1 = \lambda_1 + a \sin \alpha_1 + b \sin 2\alpha_1 + c \sin 3\alpha_1 + d \sin(2\delta_1 - \alpha_1) + e \sin 2\delta_1 + f \sin \alpha'_1.$$

Damit ist der Unterschied der wahren Längen, welche aus den Beobachtungen bekannt sind:

$$\lambda'_1 - \lambda' = \lambda_1 - \lambda + a(\sin \alpha_1 - \sin \alpha) + b(\sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha) + \ldots,$$

so dass a, b, c, d, e, f die einzigen 6 unbekannten Grössen sind, während die mittleren Werthe aus Beobachtungen in langen Intervallen, mithin auch die vorkommenden Sinuswerthe als bekannt vorausgesetzt werden können. Die constanten Coefficienten können demnach durch die Beobachtungen allein bestimmt werden, wenn man eine genügende Anzahl zweckmässig vertheilter Beobachtungen zu Grunde legt.

Am übersichtlichsten hat man den Betrag der Hauptungleichheiten in der Bewegung des Mondes durch die Formeln selbst. Wir geben sie hier nach DAMOISEAU, welcher die Coefficienten nicht auf dem eben gedachten empirischen Wege, sondern durch die Theorie bestimmt hat (*Tables de la lune, formées par la seule théorie de l'attraction*, Paris 1828), indem er nur die unentbehrlichsten Data aus den Beobachtungen als Elemente der Bewegung zu Grunde legte. Ein vollständigerer Auszug derselben findet sich bei MÖBIUS p. 236 a. a. O. Es sei λ die mittlere Länge des Mondes, α die mittlere Anomalie desselben, δ der Ueberschuss der Mondlänge über die Sonnenlänge, α' die mittlere Anomalie der Sonne, ☊ die Länge des aufsteigenden Knotens der

Mondbahn. Dann ist für eine gegebene Zeit die gesuchte wahre Länge des Mondes:

$= \lambda$ (mittlere Länge)

$+ \; 6^{\circ}\,17'\,19'' \sin\alpha + 12'\,48'' \sin 2\alpha + 36'' \sin 3\alpha.$ (Mittelpunktsgleichung oder ellipt. Gleich.)

$+ \; 1^{\circ}\,16'\,28'' \sin(2\delta - \alpha) + 31'' \sin(4\delta - 2\alpha)$ (Evection)

$+ \; 39'\,29'' \sin 2\delta$ (Variation)

$- \; 11'\,13'' \sin\alpha'$ (Jährliche Gleichung)

$- \; 2'\;\;2'' \sin\delta$ (Parallaktische Gleichung)

$- \; 6'\,51'' \sin 2(\lambda - \Omega)$ (Reduction auf die Ekliptik),

wozu noch 77 andere Gleichungen kommen, von denen die Coefficienten von einigen grösser sind als der Coefficient der parallaktischen Gleichung.

Für die Horizontalparallaxe erhält man den gesuchten Werth durch die Summe:

$57'\,0'',9$ (mittlerer Werth)

$+ \; 3'\,6'',5 \cos\alpha + 10'',2 \cos 2\alpha$ (Mittelpunktsgleichung)

$+ \; 34'',4 \cos(2\delta - \alpha) + 28'',5 \cos 2\delta + 3'',1 \cos(2\delta + \alpha)$

+ 17 anderen Gleichungen, deren Coefficient kleiner als 2″ ist.

Die Breite des Mondes wird, nachdem an die Länge λ der Betrag der Störungen angebracht ist und ebenso jetzt α um denselben Betrag geändert wurde:

$5^{\circ}\,8'\,59'',8 \sin(\lambda - \Omega) + 8'\,47'',8 \sin(2\delta - \lambda + \Omega)$

$+ \; 25'',8 \sin(2\alpha - \lambda + \Omega) - 25'',1 \sin(\lambda - \Omega - \alpha')$

$+ \; 23'',8 \sin(\lambda - \Omega + \alpha') + 22'',0 \sin(2\delta - \lambda + \Omega - \alpha')$

+ 13 anderen Gleichungen, deren Coefficient weniger als 20″ beträgt.

§. 207. Erläuterung der Bewegungen des sphäroidischen Erdkörpers, woraus die Präcession und Nutation entsteht.

Denkt man sich einen Punkt des Erdäquators abgesondert als kleinen Planeten, welcher den Mittelpunkt der Erde umkreist, so wird der Mond denselben aus der Ebene des Aequators auf die Ebene der Mondbahn herabzuziehen streben, oder allgemeiner, es wird eine Differenz zwischen der Anziehung stattfinden, welche der Mond auf den Mittelpunkt der Erde ausübt und auf jenen Punkt des Aequators, also eine Störung. Die Wirkung dieser Störung kann nur allemal in der Ebene des Dreieckes liegen, welches die Mittelpunkte von Erde und Mond mit dem gedachten Punkte des Aequators verbindet, und die kurz die Störungsebene genannt werden möge. Fällt diese Störungsebene zufällig mit der Ebene des Erdäquators zusammen (ist der Mond in seinen Knoten), so wird kein Bestreben vorhanden sein können, die Rotationsebene (oder die Kreisbahn des gedachten Punktes) zu ändern. Die ganze Wirkung der Störung würde darin bestehen (wenn der angenommene Punkt und der Mittelpunkt der Erde

die einzigen der Anziehung des Mondes unterworfenen Punkte wären), dass die Rotation der Erde sich abwechselnd beschleunigte oder verzögerte, entsprechend derjenigen Störung, welche bei dem Monde selbst mit dem Namen Variation bezeichnet wurde. Da aber neben dem gedachten Punkte des Aequators alle übrigen in Betracht kommen, so werden auch die Wirkungen sich auf alle so gleichmässig vertheilen, dass die Rotation der Erde selbst weder verzögert noch beschleunigt wird.

Nimmt man jetzt eine andere Stellung, wo die Störungsebene nicht mit dem Aequator zusammenfällt, sondern so viel wie möglich dagegen geneigt ist, so wird der Theil der störenden Kraft, welcher zur Ebene des Aequators senkrecht steht, diese Ebene so zu ändern streben, dass der Aequator auf die Ebene der Mondbahn herabgezogen würde, mag der gestörte Punkt des Aequators nun diesseits oder jenseits des Erdmittelpunktes liegen. Bei solcher Lage würde also die Aequatorebene rückwärts (nach rechts, wenn die tägliche Drehung der Erde nach links gehend bezeichnet wird) verschoben werden in ähnlicher Weise wie die Knoten der Mondbahn rückwärts gehen. Dies würde für alle Punkte des Aequators gültig bleiben, dagegen müsste sich die Neigung beider Ebenen durch die gleichzeitige verschiedene Wirkung auf alle Punkte des Aequators unverändert halten. Was von der Peripherie des Aequators gilt, würde ferner auch von allen damit concentrischen Kreisen in der Ebene des Aequators gelten, also dieser selbst, wie eine rotirende Scheibe mit unveränderter Neigung, seine Knotenpunkte verschieben.

Für jede mit dem Aequator parallele Schicht wäre, wenn sie für sich allein bestehend gedacht wird, auf ein ähnliches Resultat zu schliessen. Aber in ihrer Verbindung als Theil der ganzen Kugel sind auch die daraus folgenden Wirkungen zu berücksichtigen. Es werden z. B. die letzten Schichten an den Polen der Erde sehr deutlich dahin wirken, die Rotationsaxe der Erde auf die Mondbahn herabzuziehen, weil der dem Monde nähere Erdpol stärker als der Erdmittelpunkt, und dieser wieder stärker als der entferntere Erdpol vom Monde angezogen wird. Diese Wirkung ist also das Gegentheil von dem, was die Aequatorealschicht für sich allein äussert, indem sie die Rotationsaxe senkrecht zur Mondbahn zu bringen sucht. Dass aber die Aufhebung dieser verschiedenen entgegengesetzten Wirkungen bei einer genau kugelförmigen Erde * eine vollständige sein muss, geht leicht aus der Annahme des Gegentheils hervor. Denkt man sich nämlich die Erde nicht rotirend, so wird der Mond freilich den sphäroidischen Erdkörper so in Bewegung setzen, dass dessen Aequatorealebene auf die Mondbahn herabgezogen würde. Wollte man aber dasselbe annehmen bei einer vollkommenen Kugelgestalt der Erde, etwa aus der obigen Betrachtung der Wirkungen des Mondes auf die Aequatorealschicht, so liesse sich sogleich ein anderer grösster Kreis in

* Dieser Fall einer vollkommen homogenen Kugel, welche man in lauter Ringe parallel zum Aequator zerlegen und dann, auf jeden Ring die obige Schlussweise angewandt, ebenfalls zu dem Resultate einer rückgängigen Knotenbewegung veranlasst glauben könnte, also dies irrige Resultat, wird von J. Herschel besonders hervorgehoben, aber als zu weitläuftig zu erörtern nur in einer Anmerkung (Astron. S. 388 der deutschen Ausg. von Nicolai) mit der Erinnerung desselben gedacht, dass wohl kein Gegenstand der Dynamik mehr Irrthümern dieser Art ausgesetzt sei, die bei jeder Veränderung des Gesichtspunktes nur durch die sorgfältigste Umsicht und Aufmerksamkeit entdeckt werden können.

der entgegengesetzten Lage als Aequatorealschicht setzen, dass die Wirkung eine entgegengesetzte wäre. Eine genau kugelförmige Erde würde also durch den Mond nicht wie das Erdsphäroid in oscillirende Bewegung gesetzt, und folglich ist bei einer rotirenden Kugel ebenfalls kein Grund zu einer Störung der Rotationsaxe vorhanden. Nur wenn die Abweichung von der Kugelgestalt eintritt, wie bei der abgeplatteten Erde, wo nach Wegnahme der inneren Kugel eine Art Ring übrig bleibt, der am Aequator am dicksten ist, so wird die Störung allein von diesem Ringe dahin gerichtet sein, die Rotationsaxe senkrecht zur Ebene der Mondbahn zu stellen. Es entsteht dann (ähnlich wie bei der Mondbahn selbst die Knotenbewegung) hier ein Zurückgehen des Aequators auf der Ebene der Mondbahn.

Fiele nun die Mondbahn genau mit der Ekliptik zusammen, so wäre diese Bewegung schon die s. g. Lunar-Präcession. Es bedarf also noch einer Reduction auf die Ekliptik, um die Veränderung der Durchschnittspunkte zwischen Aequator und Ekliptik darzustellen.

Die Sonne übt ihrerseits eine ähnliche, wenn auch wegen der grossen Entfernung viel geringere Wirkung, welche die Solarpräcession genannt wird.

Die veränderliche Neigung endlich der Mondbahn gegen den Aequator der Erde muss den Betrag der senkrecht zum Aequator gerichteten störenden Kraft abändern und damit auch den Erfolg ihrer Wirkung, wodurch jene periodischen Aenderungen der Präcession entstehen, welche unter dem Namen der Nutation bekannt sind, und zwar der Lunar-Nutation, die von Bradley (1736) aus seinen Beobachtungen entdeckt wurde. Ausserdem hatte schon Newton eine Solar-Nutation vorhergesagt aus der ungleichen Wirkung der Sonne auf das Erdsphäroid im Laufe des Jahres. Da die Erscheinung der Nutation angesehen werden kann als eine beinahe kreisförmige Bewegung des Erdpols um seinen mittleren Ort, wozu der Halbmesser von 9 Secunden gehört*, so verändert sich auch der Abstand des Erdpols vom Pole der Ekliptik um eine mit der Nutationsperiode von 18 bis 19 Jahren veränderliche Quantität, die im Maximum $\pm 9''$ beträgt und die Nutation der Schiefe der Ekliptik genannt wird. Auf die Breite der Gestirne kann aber die Nutation, ebenso wie die Präcession keinen Einfluss haben, da durch beide nur die Lage des Aequators, nicht die der Ekliptik sich ändert. Umgekehrt ist es bei der säcularen Aenderung der Schiefe der Ekliptik, welche durch die Planetenstörungen verursacht wird, wo der Aequator fest bleibt, während die Ekliptik sich verändert.

Apparate zur Erläuterung der Präcessionsbewegung wurden vielleicht zuerst von J. A. Segner in dessen Astronomischen Vorlesungen, Halle 1775, Seite 650 angegeben. Bei dem Kreisel ist die der Präcessionsbewegung entsprechende langsame Drehung der Rotationsaxe eine entgegengesetzte, weil hier die Schwerkraft die Rotationsaxe von der verticalen Richtung zu entfernen strebt, während

* Bei der Kreishypothese für die Nutation blieb Bradley stehen, aber er vermuthete eine Ellipse, deren Axenverhältniss indessen erst von Dalembert (1749) theoretisch bestimmt wurde, wonach die grosse Axe sich zur kleinen verhält wie der Cosinus der einfachen Schiefe der Ekliptik zum Cosinus der doppelten. Die letzte und genaueste Bestimmung der Nutationsconstante von Peters ist §. 193 angegeben aus dessen Schrift vom J. 1842: *Numerus constans nutationis*, worin auch die theoretische Entwickelung des Gegenstandes weiter geführt ist, als bis dahin geschehen war.

bei der Erde die Rotationsaxe vertical zur Ekliptik hingezogen wird. Von der Abhandlung SEGNER's über die Bewegung der Kreisel (wahrscheinlich 1755, *Specimen theoriae turbinum*) rühmt EULER, dass er selbst daraus zuerst auf den rechten Weg für die allgemeineren Untersuchungen über die Bewegung fester Körper geleitet sei *. Die Theorie der Kreisel- und der Präcessionsbewegung findet sich im 3. Theil der Mechanik von EULER, welche jetzt auch von WOLFERS, deutsch bearbeitet, herausgegeben ist, Greifswald 1853. — In Betreff der Apparate gab BOHNENBERGER (1817) eine verbesserte Einrichtung an (indem statt des SEGNER'schen viereckigen Rahmens ein Ring gesetzt wurde), welche auch die BOHNENBERGER'sche Schwungmaschine genannt wird. Noch vollkommener hat man zu demselben Zwecke, seit 1853, den Rotationsapparat von FESSEL in Cöln, wobei die Axe der Rotation sehr verlängert hervortritt, auf deren Bewegung es ankommt, und dieselbe bequemer mit einem Gewicht belastet werden kann, als in dem SEGNER-BOHNENBERGER'schen Apparate.

§. 208. Bemerkungen über die eigene Bewegung der Planeten.

Nächst der eigenen Bewegung des Mondes musste die eigene Bewegung der Planeten oder ihre Ortsveränderung zwischen den Fixsternen sich schon den ältesten Beobachtern bemerklich machen, wie denn auch die Planeten von dieser Bewegung selbst, als im unregelmässigen Laufe gleichsam umherirrende Gestirne, ihren Namen erhalten haben, während die unzählige Menge aller übrigen Sterne als Nicht-Planeten (*ἀπλανεῖς, inerrantes*) bezeichnet wurden. Die Erklärung und Berechnung der eigenen Bewegung der Planeten suchte man in der alten Astronomie mittelst einer Verbindung von gleichförmigen Kreisbewegungen zu erlangen. Eine ruhende, wenn auch nicht gerade im Mittelpunkte der einzelnen Planetenbahnen befindliche Erde war die erste Voraussetzung. Dies genügte vorläufig zur Erklärung des Sonnenlaufes. Um dann auch die Erscheinung des Stillstandes und der zeitweiligen rückgängigen Bewegung zu erklären (die zweite Ungleichheit), wurde die Hypothese hinzugenommen, dass die Planeten selbst sich in kleineren Kreisen (Epicykeln) bewegten, deren Mittelpunkte auf dem ersteren grösseren Bahnkreise fortrückten, und wenn das noch nicht genügte, so wurde ein zweiter kleiner Kreis auf den ersten gesetzt, also Epicykel auf Epicykel. So konnte man die Hypothesen zwingen, bis zu einem gewissen Grade mit den Beobachtungen übereinzustimmen, und folglich war die Theorie gut, wenn man nichts weiter von ihr verlangte, als diese allerdings unerlässliche, aber doch nicht einzige Bedingung. Im Gegensatze hierzu hat man schon den treffenden Ausspruch des Königs ALFONS X. von Castilien (1252), der zu Toledo die s. g. Alfonsinischen Tafeln, das grösste astronomische Werk des Mittelalters, berechnen liess. Er soll über diese Theorie bemerkt haben, wie sie damals von den Arabern noch verwickelter vorlag: „*Si a principio creationis humanae Dei altissimi consilio interfuisset, nonnulla melius ordinatiusque condita fuisse*“ (*Roderic. Sanctius Histor. Hispan.* P. IV,

* In einem Briefe LEONHARD EULER's an W. J. G. KARSTEN vom Jahre 1760. Abgedr. in der Allgem. Monatsschr. f. Wiss. u. Lit. Mai 1854, S. 334.

C. 5, Gehler's Wörterb. Art. Weltsystem). Die neuere Astronomie seit Copernicus * (1543) vereinfachte zunächst die Grundanschauung durch die Voraussetzung einer ruhenden Sonne, um welche die Planeten sich kreisförmig, wenn auch nicht concentrisch bewegend gedacht wurden (*oportet circulares esse motus, vel ex pluribus circulis compositos* sagte Copernicus noch, weil die Ungleichheiten in unveränderlichen Perioden wiederkehrten), und nur zur Erklärung der übrig bleibenden kleineren Ungleichheiten bediente sich Copernicus noch des Epicykels im Sinne der Alten. Kepler endlich (1609, *De stella Martis*) zeigte, dass die Hypothese dieses zweiten Kreises ganz überflüssig sei und die Beobachtungen besser stimmten, wenn man einfacher voraussetze, dass jede Planetenbahn eine durch die Sonne gehende Ebene sei, ferner die Bahncurven in diesen verschiedenen Ebenen nicht als Kreise, sondern als Ellipsen angenommen würden, in deren Brennpunkte die Sonne stehe, und dass in die Bewegung selbst die bis dahin vergebens gesuchte Gleichförmigkeit hineinkomme, wenn man sie durch die elliptischen Sectorenflächen messe, so dass in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschrieben werden. Schliesslich fügte Kepler noch (1619, *Harmonice Mundi*) hinzu, dass für alle Bahnen die Quadrate der Umlaufszeiten zu den Kuben der mittleren Entfernungen ein gemeinsames unveränderliches Verhältniss haben. Durch Newton (1687, *Principia*) erhielten diese Kepler'schen Gesetze ihre Begründung im theoretischen Sinne durch den Grundsatz, dass die Sonne sämmtliche Planeten anziehe im umgekehrten Verhältniss des Quadrates ihrer Entfernung von der Sonne. Indem Newton diese Anziehung als eine gegenseitige und allgemeine setzte, welche direct im Verhältniss der Masse der Körper wirke, gelang es auch die Störungen oder Abweichungen von den reinen Kegelschnitten der Rechnung ohne Zwang zu unterwerfen.

Der erste Schritt zur Bestimmung der Verhältnisse der Entfernungen der Planeten konnte erst von Copernicus gethan werden, nachdem er die Hypothese der ruhenden Erde als allgemeinen Centralpunkt aufgegeben hatte; denn vorher war im s. g. Ptolemäischen Systeme eine Bestimmung dieser Entfernungen so wenig möglich wie beim Landmessen durch Visiren nach Punkten von unbekannter Entfernung aus einem einzigen Standpunkte. Die Vorstellung der bewegten Erde gab für eine zweite Beobachtung dagegen einen neuen Standpunkt und die Theorie der Erdbahn lieferte die erforderliche Standlinie, nach deren Dimension sich auch schon die gesuchten Entfernungen ergeben mussten, da man die in der Zwischenzeit zurückgelegten Wege der Erde und des Planeten aus der gleichförmigen Kreisbewegung und den von Alters her bekannten Umlaufzeiten sehr genähert schliessen konnte. Die auf anderem Wege früher gelungene einzige Bestimmung der Entfernung eines Weltkörpers, nämlich des Mondes durch Ptolemaeus, beruhete auf der Parallaxenrechnung, und würde bei dem geringen Betrage der Parallaxe der Planeten für letztere nicht ausführbar gewesen sein. Es ist nur zu bemerken, dass in der Theorie der Epicykeln auch angenähert, baer unbewusst, das Verhältniss enthalten war, um wie viel ein Planet, z. B. der Saturn, weiter von der Sonne entfernt sei als die Erde. Denn um soviel

---

* *De orbium coelestium revolutionibus libri VI.* Norimb. 1543.

machte man den Halbmesser der vermeintlichen Bahn des Planeten um die Erde grösser als den Halbmesser des Epicykels. Was nämlich die erforderliche Grösse des Epicykels betrifft, um die beobachteten Erscheinungen darzustellen, so kann man sich erst den einfachen Fall denken, dass der Planet Saturn z. B. sich gar nicht bewege; dann würde er zwar nach dem Ptolemäischen Systeme, von der Erde gesehen, auch stille stehen, nach dem Copernicanischen aber doch sich zu bewegen scheinen, da die Erde sich bewegt; er würde ein halbes Jahr vorwärts und ein halbes Jahr lang wieder zurückgehen. Soll nun dieselbe Erscheinung nach dem Ptolemäischen System erklärt werden, so muss man offenbar um den mittleren Ort des Planeten einen Kreis so gross wie die Erdbahn beschreiben, um nämlich von der ruhenden Erde aus dieselbe Erscheinung zu erhalten. Nun geht aber die Bewegung etwas anders vor sich, indem der Planet statt 6 Monate nur $4\frac{1}{2}$ Monate zurückgeht, den übrigen Theil des Jahres aber rechtläufig ist, und somit doch jedes Jahr der mittlere Ort weiter fortrückt. Man wusste, dass Saturn in 29 Jahren seinen Umlauf vollendete und dabei 28 mal mit der Sonne zusammenkam. Also wurde angenommen, dass Saturn in seinem Epicykel 28 mal herumging, während der Mittelpunkt des Epicykels einmal den ganzen Kreis in 29 Jahren durchlief. Beide Bewegungen gleichförmig gedacht, so musste, um den Erscheinungen zu entsprechen, der an den Ort eines oberen Planeten gezogene Halbmesser des Epicykels immer parallel mit dem Halbmesser der Sonnenbahn gemacht werden, welcher nach dem gleichzeitigen Sonnenorte gezogen war. Und hieraus ergab sich das Verhältniss der Grösse des Epicykels zu der vom Mittelpunkte desselben beschriebenen Kreises, aber auch eben nur das Verhältniss. Denn ein z. B. doppelt so grosser Epicykel in doppelter Entfernung von der Erde würde den Beobachtungen eben so gut genügt haben. Ptolemaeus verzichtete daher auch folgerichtig auf eine Angabe von Entfernungen der Planeten von der Erde oder von der Sonne. Es waren die späteren Anhänger dieses Systems, wie Maurolycus und Clavius *, welche die wunderlichen Scalen der Entfernungen der Planeten von der Erde hinzufügten, wozu es an aller mathematischen Grundlage fehlte. Nur das System, welches man das ägyptische genannt hat und von Vitruv und Macrobius angeführt wird, wonach nämlich die Planeten Mercur und Venus ihre Epicykeln immer um die Sonne selbst beschreiben sollen, gestattete für diese beiden Planeten durch die Beobachtungen ihres grössten Abstandes (Digression) von der Sonne mittelst eines rechtwinkeligen Dreieckes eine Bestimmung der Verhältnisse ihrer Entfernungen von der Sonne und von der Erde. Und endlich war dasselbe Verhältniss ferner noch für die oberen Planeten angebbar in dem Systeme von Tycho Brahe **, welches sich auch so bezeichnen lässt, dass in diesem Systeme die Epicykeln der oberen Planeten alle so gross wie die angenommene Bahn der Sonne um die Erde gesetzt wurden. In dieser Hypothese wurde zwar ein ruhender Standpunkt der Erde beibehalten, allein die Gesichtslinien nach den bewegten Punkten durften nicht mehr einzeln von unbestimmter Grösse

* *Clavii in Sphaeram Joannis de Sacro Bosco commentarius.* Lugd. 1607. p. 243

** *De mundi aetherei recentioribus Phaenomenis.* 1588 u. 1603.

genommen werden, da die Hypothese ihrer Bewegungen eine bestimmte Entfernung der Planeten von der Sonne anzunehmen zwang.

Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne = 10 gesetzt, so hat man jetzt für die acht Hauptplaneten: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun die mittleren Entfernungen von der Sonne in ganzen Zahlen:

$$4 \quad 7 \quad 10 \quad 15 \quad 52 \quad 95 \quad 192 \quad 300.$$

Die Frage, wie eine gewisse Regelmässigkeit, wenn auch nur genähert, in dieser Zahlenreihe sich erkennen lasse, hatte zu einer Gliederung derselben geführt von der Form:

$$4+0\times 3,\quad 4+1\times 3,\quad 4+2\times 3,\quad 4+4\times 3,\quad 4+8\times 3,$$
$$4+16\times 3,\quad 4+32\times 3,\quad 4+64\times 3,\quad 4+128\times 3.$$

Die letzte Zahl (für Neptun) weicht dann aber beinahe um $^1/_3$ ihres wahren Werthes ab, und die erste (für Merkur) verhältnissmässig etwa um eben so viel, wenn man ihr den Factor $^1/_2$ statt 0 geben wollte, um bei der reinen geometrischen Progression der Factoren zu bleiben. Bemerkenswerth bleibt die Reihe, weil sie die Lücke zwischen Mars und Jupiter mit der Zahl $4 + 8 \times 3$ andeutete, bevor in dieser Region die Gruppe der kleinen Planeten entdeckt war, sowie ebenfalls die Entfernung des Uranus, welcher 1781 von W. Herschel entdeckt wurde, als eine Bestätigung der Progression gelten konnte. Auf die theoretische Entdeckung des Neptun dagegen (durch Leverrier und Adams) konnte jene Progression nicht fördernd mitwirken, sondern musste im Gegentheil die Entfernung dieses Planeten etwas grösser vermuthen lassen, als es den Beobachtungen zufolge sich zeigte, nachdem der Planet am 23. Sept. 1846 in Berlin durch Galle in der vorausberechneten Richtung aufgefunden war. Die Beobachtungen ergaben nur das 30 fache der Entfernung der Erde von der Sonne, während vor der Entdeckung, zur Darstellung der Störungen des Uranus durch einen unbekannten jenseitigen Planeten, Leverrier die Entfernung desselben = 36,1 annahm; Adams anfangs 38,4, später 37,24 und endlich 33,41 dafür setzte, bis die Beobachtungen des Planeten selbst diese Zahl noch etwas zu vermindern erforderten*. Die obige somit gestörte Progression, welche man zuweilen das Bode'sche Gesetz genannt hat, scheint nicht vor dem J. 1772 angegeben zu sein, wo sie sich gleichzeitig in Bode's 2. Ausg. der Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels und in der 2. Ausg. von Titius' Uebersetzung der Bonnet'schen Betrachtung der Natur findet. Uebrigens hatten schon früher Kepler (*Mysterium cosmographicum*, 1596) und Lambert (Kosmologische Briefe 1761) der Lücke zwischen Mars und Jupiter gedacht, in welcher nun seit dem J. 1801 die Gruppe der kleinen Planeten entdeckt wurde. Die mittlere Entfernung dieser kleinen Planeten von der Sonne erstreckt sich nach den bisherigen Entdeckungen von 2,2 (Flora) bis 3,2 (Hygiea und Euphrosyne).

---

* B. v. Lindenau, Beitrag zur Geschichte der Neptuns-Entdeckung. Ergänzungs-Heft zu den Astron. Nachr. Altona 1849.

Den mittleren Entfernungen entsprechen nach dem KEPLER'schen Gesetze die Umlaufszeiten:

Merkur 88 Tage, Venus 225 Tage, Erde 1 Jahr, Mars 687 Tage, die Gruppe der kleinen Planeten 3,3 bis 5,6 Jahre, Jupiter 12 Jahre, Saturn $29\frac{1}{2}$ Jahre, Uranus 84 Jahre und Neptun 165 Jahre.

Die Ungleichförmigkeiten in der Bewegung der Planeten um die Sonne sind zunächst solche, die durch die elliptische Gestalt ihrer Bahnen entstehen (elliptische Ungleichheit). Die Excentricitäten dieser Bahnen sind schon in §. 197 angegeben. Die grösste Excentricität unter den von Alters her bekannten Planeten findet sich bei Merkur $= \frac{1}{5}$. Bei den kleinen Planeten kommen grössere Excentricitäten vor, welche die Zahl $\frac{1}{3}$ noch etwas übersteigen (*Polyhymnia*).

Die übrigen Ursachen der Ungleichheiten beruhen auf den gegenseitigen Anziehungen, wodurch die rein elliptischen Bewegungen gestört werden. Neben den Entfernungen der Planeten von einander sind also zunächst die einzelnen Massen der Planeten hierbei maassgebend. Man hat jetzt für die Massen der Planeten, wenn die Sonnenmasse als Einheit gesetzt wird, die unten folgenden Resultate. Es ist dabei zu bemerken, dass die Planeten, welche von Satelliten umgeben sind, zunächst ein einfaches und directes Hülfsmittel für die Massenbestimmung darboten, nach dem von NEWTON erweiterten KEPLER'schen Gesetze. Als unmittelbare Folge aus dem Grundsatze der allgemeinen Gravitation ergab sich nämlich, dass in zwei Systemen mit verschiedenen Centralkörpern die Quadrate der Umlaufszeiten, multiplicirt mit der Summe der Massen des Centralkörpers und seines Planeten oder Satelliten, sich wie die Kuben der mittleren Entfernung verhalten, so dass der Quotient aus dem Quadrate der Umlaufszeit, multiplicirt mit der Summe der Massen und dividirt durch den Kubus der mittleren Entfernung, für alle Systeme eine constante Zahl ist. Ausserdem kommen für die Erde selbst andere Hülfsmittel hinzu, z. B. eine directe Bestimmung ihrer Masse durch die Beobachtung der Grösse der Schwerkraft an der Erdoberfläche. Bei den Planeten hingegen, welche keine Satelliten haben (Merkur, Venus und Mars), ist die Masse längere Zeit unsicher und schwieriger zu bestimmen gewesen, da es nur indirect geschehen konnte aus den Einwirkungen, welche sich in den von ihnen bedingten Perturbationen zeigten.

Die Merkursmasse wurde von LAGRANGE (1782) hypothetisch $= \frac{1}{2025810}$ angenommen. Erst durch die Nähe des ENCKE'schen Kometen im J. 1838 wurde sie von ENCKE $= \frac{1}{4865771}$ bestimmt.

Die Masse der Venus setzte LAGRANGE $= \frac{1}{278777}$, LAPLACE dagegen aus der Abnahme der Schiefe der Ekliptik $= \frac{1}{383137}$ (*Méc. cél.* T. III, p. 63), DELAMBRE $= \frac{1}{356632}$ (ib. p. 156), BURCKHARDT (*Conn. d. t.* 1816) $= \frac{1}{401839}$ und HANSEN (1853, *Tables du soleil* p. 1) $= \frac{1}{408134}$.

Die Erdmasse nahm NEWTON zunächst $=\frac{1}{169282}$ (Princ. III, Prop. 8), aber schon in der Cotesischen Ausg. (Amst. 1723) wird dafür $\frac{1}{227512}$ gesetzt, freilich noch mit der Sonnenparallaxe $= 10''$. LAGRANGE (*Mém. de Berlin*, 1782, p. 181) bestimmte die Erdmasse $=\frac{1}{365361}$; LAPLACE aus Pendelversuchen (*Méc. cél.* T. III, p. 63) $=\frac{1}{329630}$; ferner ENCKE $=\frac{1}{359551}$ mit der Sonnenparallaxe $8'',57116$ (1842). GAUSS nahm in der Theor. mot. $\frac{1}{354710}$. Für Erde und Mond zusammen erhielt ENCKE (1842) $=\frac{1}{355499}$. Die Mondmasse allein bestimmte LALANDE (Astr. III, 427) $=\frac{1}{66}$ der Erdmasse aus den Beobachtungen von Fluth und Ebbe, wobei die Wirkung des Mondes auf die Erde $= 2,7$ der Wirkung der Sonne gesetzt wurde. DALEMBERT hatte aus der Nutationsbewegung 2,3 statt 2,7 erhalten und damit wurde die Masse des Mondes $=\frac{1}{80}$ der Erdmasse. Nach HANSEN (1857, *Tables de la lune*) ist die Mondmasse $=\frac{1}{79,667}$.

Die Masse des Mars wurde zunächst von LAGRANGE (1782) hypothetisch $=\frac{1}{1846082}$ angenommen. DELAMBRE's Bestimmung gab $\frac{1}{2546320}$ (*Méc. célest.* T. III, p. 157). BURCKHARDT (*Conn. d. t.* 1816) setzte sie $=\frac{1}{2680337}$, HANSEN (*Tab. du soleil.* p. 1, 1853) $=\frac{1}{3200900}$, LEVERRIER (*Ann.* T. IV) $=\frac{1}{2948110}$.

Die Jupitersmasse erhielt zuerst NEWTON (Princ. III, 8) $=\frac{1}{1067}$. In der Cotesischen Ausg. ist sie $\frac{1}{1033}$. LAGRANGE und LAPLACE behielten die erste NEWTON'sche Bestimmung $\frac{1}{1067}$. In den Tafeln von BOUVARD ist $\frac{1}{1070}$ angenommen. Die Bestimmung von NICOLAI (Astr. Jahrb. f. 1826, p. 226) wurde $=\frac{1}{1054}$ aus den Beobachtungen des Planeten Juno. Hiermit nahe übereinstimmend nahm ENCKE (1826) den Werth $\frac{1}{1050}$ und AIRY (*Astr. Soc.* X) $\frac{1}{1046}$. BESSEL (*Compt. rend.*, 1841) erhielt $\frac{1}{1048}$ oder genauer $\frac{1}{1047,879}$. Auch neuere Bestimmungen aus den Satellitenbeobachtungen sind mit dieser Vergrösserung nicht in Widerspruch. So bestimmte (Astr. Nachr. N. 1282) Capt. JACOB die Jupitersmasse aus Beobachtungen des 3. Satelliten $=\frac{1}{1046,9}$ und aus Beobachtungen des 4. Satelliten $=\frac{1}{1048,0}$.

Für die Saturnsmasse gab schon NEWTON $\frac{1}{3021}$, LAGRANGE (1780) nahe $\frac{1}{3358}$, LAPLACE (*M. c.* T. III, p. 61) $= \frac{1}{3359}$. In den Tafeln von BOUVARD ist $\frac{1}{3512}$ gesetzt. BESSEL fand $\frac{1}{3500}$ (Astr. Nachr. N. 214) und später (N. 242) $\frac{1}{3501{,}6}$. In den Sonnentafeln von HANSEN (1853, Errata) ist $\frac{1}{3560}$ angenommen.

Die Masse des Uranus hatte LAPLACE $\frac{1}{19504}$ (*M. c.* III, 62). In den Tafeln von BOUVARD ist sie $\frac{1}{17918}$ und nach der Bestimmung von LAMONT (*Astr. Soc.* XI, 51) $\frac{1}{24905}$. ADAM setzte die Uranusmasse $= \frac{1}{21000}$.

Die Neptunsmasse hatte LEVERRIER vor der Entdeckung hypothetisch $= \frac{1}{9322}$ angenommen. Aus den Beobachtungen des von LASSEL entdeckten Satelliten ergab sich zunächst für die Masse des Neptun $\frac{1}{19400}$ und nach späteren Beobachtungen und Bestimmungen von A. STRUVE $\frac{1}{14491}$.

Aus den bekannten Massen und dem ebenfalls durch die Entfernungen und Winkeldurchmesser bekannten Rauminhalte der Planeten folgt beiläufig auch die mittlere Dichtigkeit als Quotient aus der Masse dividirt durch das Volumen. Setzt man die Dichtigkeit der Erde = 1, so ergeben sich die mittleren Dichtigkeiten in folgender Vergleichungsscale:

Mond	Sonne	Neptun	Uranus	Saturn	Jupiter	Mars	Erde	Venus	Merkur.
0,619	0,252	0,230	0,242	0,138	0,238	0,948	1,000	0,923	1,12

Mit der hypothetischen Masse von LAGRANGE wurde die Dichtigkeit des Merkur noch 2,94. Nun zeigt sich, dass die grössten Körper unseres Planetensystems, die Sonne mit eingeschlossen, beinahe gleiche mittlere Dichtigkeit besitzen, nur Saturn wird noch um die Hälfte geringer an Dichtigkeit und die Sonne ist doch von diesen grossen Körpern der dichteste. Ferner ergiebt sich, dass die vier Planeten von mittlerer Grösse, wozu unsere Erde gehört, auch in ihrer Dichtigkeit wenig verschieden sind. Von den kleinen Planeten ist die Masse und folglich auch die Dichtigkeit unbekannt. Der Mond aber bildet wieder eine Zwischenstufe bezüglich der Dichtigkeit zwischen den beiden anderen Gruppen. Reducirt man die obige Scale auf das specifische Gewicht des Wassers = 1, indem für die Erde das mittl. specifische Gewicht = 5,44 angenommen wird, so hat man folgende Uebersicht:

Mond	Sonne	Neptun	Uranus	Saturn	Jupiter	Mars	Erde	Venus	Merkur
3,37	1,37	1,25	0,97	0,76	1,32	5,21	5,44	5,11	6,71

Da ferner die Fallhöhe an der Oberfläche der Himmelskörper ihrer Schwerkraft proportional ist, und die Schwerkraft sich direct wie die Masse und

umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, die Entfernung hier aber der Halbmesser des kugelförmig angenommenen Körpers ist, so ergiebt sich noch im Anschlusse zu dem Vorhergehenden die Fallhöhe an der Oberfläche der Himmelskörper, ausgedrückt in Pariser Fuss, wie folgt:

Mond	Sonne	Neptun	Uranus	Saturn	Jupiter	Mars	Erde	Venus	Merkur.
2,5	428,2	16,6	15,9	18,8	40,4	7,4	15,1	13,8	7,2

Die Neigungen der Planetenbahnen gegen die Ekliptik sind, mit Ausnahme der Gruppen der kleinen Planeten, bei den Hauptplaneten sämmtlich so gering, dass sie, selbst von der Erde gesehen, in einen Zodiakus eingeschlossen werden konnten, welcher nur 8 bis 9 Grade zu beiden Seiten der Ekliptik umfasste. Grössere Neigungen kommen bei den kleinen Planeten (zwischen Mars und Jupiter) vor, welche sich, schon von der Sonne gesehen, bis zu 34¾ Grad (Pallas) erstrecken, so dass der Zodiakus der Alten beträchtlich erweitert werden müsste, um die Gruppe der kleinen Planeten noch aufzunehmen*. Unter den schon im Alterthume bekannten Planeten hat Merkur die grösste Neigung von 7 Graden gegen die Ekliptik. Die Zusammenstellung der Neigungen der Planetenbahnen ergiebt folgende Uebersicht:

Mond	Sonne	Neptun	Uranus	Saturn	Jupiter	Kl. Planeten	Mars	Venus	Merkur.
5° 0′ bis 5 18	0	1°47′	0°46′	2°30′	1°19′	0°41′ (Massalia) 34 43 (Pallas)	1°51′	3°23′	7°0′

Zu den allgemeinen Erscheinungen der Planetenbewegung gehören noch die Ungleichheiten oder Störungen, welche aber von längerer Dauer und geringerem Betrage sind als die vorhin betrachteten ähnlichen Störungen des Mondes durch die Sonne. Die Entfernung der vier äusseren und zugleich grössten Planeten von den vier der Sonne zunächst liegenden ist gross genug, dass jene durch diese kleineren kaum merklich in ihren Bewegungen gestört werden. Im Einzelnen ergiebt sich zur Uebersicht Folgendes:

Die Bahn des Merkur wird im Wesentlichen nur durch Venus, Erde und Jupiter gestört, die Bahn der Venus aber durch die Erde, Mars, Jupiter und Saturn. Die Erdbahn selbst wird gestört durch Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Die kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter haben in den Einwirkungen des letzteren ihre hauptsächlichste Störungsquelle. Diese Störungen sind selbst so bedeutend, dass umgekehrt die Masse des Jupiters aus den gestörten Bewegungen der kleinen Planeten mit grösserer Sicherheit als zuvor bestimmt werden konnte. Die Jupitersbahn erleidet ihre vorzüglichsten Störungen durch Saturn und demnächst durch Uranus. Die Saturnsbahn wird ebenso im Wesentlichsten durch Jupiter gestört, dann aber auch durch Uranus. Die Uranusbahn wird zunächst durch Jupiter und Saturn gestört. Aber die Berechnung dieser Störungen allein vermochte nicht ausreichend die Bewegungen des Uranus auf längere Zeit zu erklären. Es blieben Abweichungen von den beobachteten

* Eine Angabe (in der Sphaera von Sacro Bosco), dass der Zodiakus 12 Grade breit sei, nämlich 6 Grade zu jeder Seite der Ekliptik, würde nicht einmal die Region der alten Planeten ganz umfassen, da Venus, von der Erde gesehen, eine Breite von 8¾ Graden erreichen kann.

Bewegungen des Uranus übrig, die denjenigen Abweichungen ähnlich waren, welche man für die Saturnsbewegung erhalten würde, wenn dabei die Störung durch Uranus unberücksichtigt geblieben wäre. Dies führte zu der Hypothese eines Planeten jenseits des Uranus als die anzunehmende Störungsursache, deren Wirkungen sich zwar nicht über 20 Secunden gezeigt hatten, aber damit doch hinreichend sich erwiesen, den unbekannten jenseitigen Planeten selbst nach der Vorausberechnung seines Ortes durch LEVERRIER (1846) aufzufinden. Nachträglich ergab sich, dass derselbe Planet, welcher den Namen Neptun erhielt, schon mehreremal als Fixstern beobachtet worden ist, nämlich von LALANDE am 8. und 10. Mai 1795, ferner auch am 4. und 12. August 1846 von CHALLIS in Cambridge. Letzteres in Folge der Durchsuchung des gleichzeitig mit LEVERRIER von ADAMS vorausberechneten Ortes des vermutheten neuen Planeten. Die Auffindung selbst gelang schliesslich erst am 23. Sept. 1846 durch GALLE in Berlin bei der Vergleichung mit der speciellen Sternkarte von BREMIKER über die Himmelsgegend, wo der Planet zu suchen war.

Hinsichtlich der Störungen der Bahnebenen hat man im Allgemeinen, ähnlich wie bei der Mondbahn erläutert wurde, das Ergebniss, dass zwei Planeten, die sich um einen Centralkörper nach einerlei Richtung, aber in verschiedenen Ebenen bewegen, so auf einander einwirken, dass die Durchschnittspunkte dieser Ebenen, also die Knoten der einen Bahn sich überwiegend rückwärts bewegen auf der Bahn des andern Planeten. Die Beziehung sämmtlicher Bahnebenen auf die Ekliptik ergiebt daher auch im Allgemeinen eine säculare rückgängige Bewegung der Knoten bei den Planeten.

Für die Apsidenlinien ergiebt sich nach der Ausgleichung ihrer Bewegungen im Allgemeinen ein Ueberschuss nach vorwärts, so dass die Längen der Perihelien zunehmen. Bei dem Planeten Venus allein findet sich freilich zur Zeit noch eine kleine säculare rückgängige Bewegung der Apsidenlinie angegeben, aber nach den neueren ausführlichen Untersuchungen von Dr. W. LEHMANN * wird die Richtigkeit dieser Angabe bestritten und die Bewegung der Apsidenlinie für Venus gleichfalls positiv gefunden.

Die gegenseitige Störung, insbesondere der Bahndimensionen zweier Planeten hängt noch von einem bemerkenswerthen Umstande ab, nämlich von dem Verhältnisse ihrer Umlaufszeiten um die Sonne. Dies Verhältniss ist zwar, genau genommen, incommensurabel, aber wenn es nur in sehr grossen Zahlen angenähert dargestellt werden kann, so werden bei den wiederholten Umläufen immer andere und sehr verschiedene Punkte der Bahnen für bestimmte Stellungen, z. B. die Zusammenkünfte stattfinden, und demnach auch die Einwirkungen sich mehr vertheilen, als in dem anderen Falle, wo die Umlaufszeiten zweier Planeten so beschaffen sind, dass sich ihr Verhältniss schon in kleinen Zahlen sehr angenähert ausdrücken lässt. In diesem letzten Falle wiederholen sich nämlich nahe dieselben Wirkungen in benachbarten Punkten der Bahn nach kurzen Perioden und veranlassen eine Anhäufung dieser Störungen in einem und demselben Sinne. Hieraus ergeben sich grosse Ungleichheiten von einer langen Periode. Das

* Astron. Nachr. Bd. 68. S. 169.

berühmteste Beispiel dieser Art ist die grosse Ungleichheit der Planeten Jupiter und Saturn, welche schon lange durch die Beobachtungen angezeigt war, als ihre Erklärung und Berechnung zuerst von LAPLACE im J. 1785 aus dem Verhältnisse ihrer Umlaufszeiten nachgewiesen wurde. Diese Umlaufszeiten verhalten sich nämlich beinahe wie 2 zu 5 oder genauer wie 29 zu 72, so dass 29 Saturnsumläufe und 72 Umläufe des Jupiter sich gleichzeitig vollenden, und in dieser Periode von 855 Jahren werden die Zusammenkünfte beider Planeten wieder auf dieselben Bahnpunkte zurückgeführt. Die Hauptwirkung selbst gestaltet sich so, dass in jeder Hälfte dieser Periode, also in etwas mehr als 400 Jahren die grosse Axe der einen Bahn sich fortdauernd etwas vergrössert, während die andere sich vermindert. Gegenwärtig vergrössert sich noch die Jupitersbahn und die Saturnsbahn wird verkleinert, etwa seit der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts bis zum Jahre 2000, wo der Eintritt des Gegentheils zu erwarten ist. Eine Störung ähnlicher Art zwischen Erde und Venus wurde von AIRY entdeckt und beruht darauf, dass die achtfache Umlaufszeit der Erde sehr nahe gleich der dreizehnfachen Umlaufszeit des Venus ist, wodurch eine Periode von 239 Jahren entsteht.

Unter den Satelliten, Nebenplaneten oder Monden der Planeten sind die Jupiterssatelliten auch für die geographische Längenbestimmung mit Erfolg benutzt worden. Die Anzahl und Vertheilung der bis jetzt bekannten Satelliten überhaupt ist folgende. Die Erde hat einen Mond, Jupiter vier, Saturn acht, Uranus vier und Neptun einen. Nach der neuen Revision von LASSEL, dem Entdecker eines Saturnssatelliten und des Uranussatelliten, ist nämlich die Anzahl 6 oder gar 8 für die entdeckten Uranussatelliten und 2 für die Neptunssatelliten durchaus noch nicht als bestätigt anzusehen und sogar sehr unwahrscheinlich *. Die siderischen Umlaufszeiten der 4 Jupitersatelliten sind: 1 Tag 18 Stunden 28 Min., 3 Tg. 13 St. 14 Min., 7 Tg. 3 St. 43 Min. und 16 Tg. 16 St. 32 Min. und die Abstände derselben vom Jupiter, in Halbmessern desselben ausgedrückt: 6,0 9,6 15,3 und 27,0. Die siderischen Umlaufszeiten der 8 Saturnssatelliten erstrecken sich von 0 Tg. 22 St. 37 Min. (also kleiner als die Erdumdrehungszeit) bis zu 79 T. 7 St. 54 Min. Die Umlaufszeiten der Uranussatelliten sind bis jetzt weder vollständig noch sicher bestimmt. Von dem Neptunssatelliten ist die Umlaufszeit nach Beobachtungen von BOND 5 Tg. 21 St. 14 Min. und nach den Dorpater Beobachtungen von A. STRUVE 5 Tg. 21 St. 4 Min. Die Pulkowaer Beobachtungen gaben dafür 5 Tg. 21 St. 7 Min.

Zweiter Abschnitt.

Bestimmungen der geographischen Breite und Länge.

§. 209. Uebersicht der verschiedenen Methoden zur Breitenbestimmung. Astronomische Ephemeriden.

Eine Zusammenstellung der verschiedenen Methoden, nach welchen die Bestimmung der Polhöhe oder geographischen Breite möglich ist, würde sich,

* Astron. Nachr. Bd. 63, N. 1512.

abgesehen von dem sehr ungleichen praktischen Werthe derselben und ihrer weiteren Vermehrung durch fernere Combinationen *, etwa so geben lassen:

A. Breitenbestimmung durch Höhenmessungen allein.

1) Eine Meridianhöhe in der oberen Culmination.
2) Eine Meridianhöhe in der unteren Culmination.
3) Eine Höhe im Sechsuhrkreise.
4) Eine Höhe im ersten Verticale.
5) Zwei Höhen desselben Gestirns in der oberen und unteren Culmination (Circumpolarhöhen).
6) Zwei gleichzeitige Höhen von zwei verschiedenen Gestirnen.
7) Die Höhe zweier Gestirne in demselben Verticale.
8) Eine gleiche Höhe zweier Gestirne.

B. Breitenbestimmung durch Zeitmessungen allein.

9) Beobachtung des Zeitintervalles zwischen dem östlichen und westlichen Durchgange im ersten Verticale.
10) Beobachtung der Länge des Tages oder der Nacht.
11) Beobachtung der Dauer des Unterganges oder Aufganges der Sonnenscheibe.
12) Beobachtung der Zeit zwischen dem Aufgange oder Untergange zweier bekannten Sterne.

C. Breitenbestimmung durch Azimuthmessungen allein.

13) Beobachtung des grössten Azimuths eines Circumpolarsternes.
14) Beobachtung des gleichen Azimuths zweier Sterne.
15) Beobachtung der Azimuthdifferenz zweier Sterne von gleicher Höhe.
16) Beobachtung der verschiedenen Azimuthe zweier Sterne.
17) Beobachtung der Azimuthdifferenzen von drei Sternen.

D. Breitenbestimmung durch combinirte Höhen- und Zeitmessung.

18) Eine Höhe und der Zeitwinkel sei beobachtet.
19) Zwei Höhen und die verflossene Zeit (das Douwe'sche Problem).
20) Zwei Zeitwinkel und der Unterschied der Höhen.
21) Drei Höhen nebst den Zeitintervallen.
22) Mehrere Höhen in der Nähe des Meridians nebst den genäherten Zeitwinkeln (Methode der Circummeridianhöhen).

E. Breitenbestimmung durch combinirte Höhen- und Azimuthmessung.

23) Eine Höhe und der Azimuthwinkel.
24) Zwei Höhen und die Differenz der Azimuthe.
25) Zwei Azimuthe und die Differenz der Höhen.

---

* Z. B. wenn man von zwei Sternen ihre Durchgangszeiten beobachtet hätte, durch den Meridian sowohl, als durch zwei feste, aber unbekannte Verticale, und durch zwei feste, aber unbekannte Höhenparallele; oder wenn man von drei Sternen die Zeitintervalle beobachten wollte zwischen der gemessenen Höhe des einen Sternes und dem Augenblicke, wo die beiden andern sich in einer gleichen, aber unbekannten Höhe befinden; oder wenn von vier Sternen die Zeitintervalle beobachtet wären zwischen dem Momente, wo zwei derselben eine gleiche Höhe erreichen, und jenem, wo die beiden andern Sterne eine andere gleiche Höhe erreichen u. s. w. M. s. die *Astronomie nautique* von Maupertuis, Paris 1743, und die *Astronomie des marins* von dem ungenannten Verfasser (E. Pezenas), Avignon 1746, sowie auch die etwas späteren Schriften von J. Robertson u. A.

F. **Breitenbestimmung durch combinirte Zeit- und Azimuthmessung.**

26) Beobachtung des Azimuths eines Gestirns und seines Zeitwinkels.

G. **Breitenbestimmung durch geodätische Uebertragung.**

27) Messung der Entfernung und azimuthalen Richtung von dem bekannten Orte bis zu demjenigen, dessen Lage bestimmt werden soll.

Die Declination der beobachteten Gestirne und, wo es erforderlich ist, auch ihre Rectascension wird in den obigen Fällen immer als bekannt vorausgesetzt. Man findet sie mit den anderen für astronomische Rechnungen nöthigen Daten für jeden Tag angegeben in den jetzt um 3 Jahre voraus berechneten astronomischen Ephemeriden. Die vorzüglichsten gegenwärtig gebrauchten Ephemeriden sind folgende, nach der Zeit ihres Bestehens geordnet:

1) *Connaissance des temps ou des mouvements célestes, à l'usage des astronomes et des navigateurs, publiée par le bureau des longitudes.* Erscheint zu Paris seit dem J. 1679, wo der erste Band von Picard herausgegeben wurde.

2) *The nautical Almanac and astronomical Ephemeris. Published by order of the Lords commissioners of the admiralty,* London. Der erste Band erschien im J. 1767, vorzüglich durch das Problem der Meereslängen hervorgerufen, auf Veranlassung von N. Maskelyne, später berechnet unter der Aufsicht von W. S. Stratford und gegenwärtig von J. R. Hind.

3) Berliner astronomisches Jahrbuch. Mit Genehmhaltung der Königl. Akademie d. W. herausgegeben von dem Director der Berliner Sternwarte. Der erste Band wurde 1776 von Lambert herausgegeben, später von Bode bis zum J. 1830 und seitdem von Encke, nachher in Verbindung mit Prof. Wolfers; gegenwärtig von Dir. W. Förster.

Vorübergehend erschienen von H. C. Schumacher: Hülfstafeln zu Zeit- und Breitenbestimmungen, 1820 und ff., worin zuerst, nach dem Vorgange der Mailänder Ephemeriden für die Sonne, genaue jährliche Fixstern-Ephemeriden berechnet waren; ferner von 1822 bis 1838: Planeten-Ephemeriden unter dem Titel: *Ephemeris of the distances of the four planets Venus, Mars, Jupiter and Saturn from the Moon's center in Copenhagen.* Die Fortsetzung wurde überflüssig, da die Distanzen dieser vier hellsten Planeten seitdem in den grösseren Ephemeriden Aufnahme fanden. Ausser den genannten Hauptephemeriden, welche ihre Angaben direct aus den astronomischen Tafeln berechnet enthalten und wohin auch seit 1855 die *American Ephemeris and Nautical Almanac* gehört, gegenwärtig berechnet von Prof. J. Winlock, giebt es noch eine grössere Anzahl von kleineren Ephemeriden, meistens zu nautischen Zwecken bearbeitet, deren astronomischer Inhalt, wie die Angaben der gewöhnlichen Kalender, aus jenen grösseren Ephemeriden entlehnt ist. Von allgemeinerem Interesse sind dabei noch besonders zu bemerken das *Annuaire publ. par le bureau des longitudes* zu Paris und der Kalender für alle Stände, herausgegeben von K. v. Littrow in Wien, in welchem auch jährlich eine Uebersicht des Sonnensystems nach den neuesten Resultaten mitgetheilt wird. Die vollständigste rein nautische Ephemeride wird seit dem J. 1851 von

Dr. C. Bremiker auf Veranlassung des Handelsministeriums in Berlin herausgegeben unter dem Titel: Nautisches Jahrbuch oder vollständige Ephemeriden und Tafeln zur Bestimmung der Länge, Breite und Zeit zur See nach astronomischen Beobachtungen nebst einer gemeinfasslichen Anleitung, wie die erforderlichen Rechnungen anzustellen sind.

§. 210. Breitenbestimmung durch Höhenmessungen im Meridiane.

Die Absicht ist in diesem Falle, wie bei allen Breitenbestimmungen, das Stück des Meridians zwischen dem Aequator und dem Zenith zu ermitteln, da ein solcher Bogen das Maass des Winkels darstellt zwischen der Richtung des Lothfadens und der Ebene des Aequators, mithin den Betrag der geographischen Breite.

Ist h die beobachtete Höhe in der oberen Culmination eines Gestirns, δ dessen Declination oder Abweichung vom Aequator, so findet sich die Breite $\varphi = (90^{0} - h) \pm \delta$, wo das obere Zeichen für nördliche Declination, das untere für südliche gilt und angenommen wird, dass die Culmination auf der Südseite des Meridians stattfinde. Sollte dabei δ südlich, also negativ und grösser als $90^{0} - h$ werden, so würde das Minuszeichen des sich ergebenden φ eine südliche Breite anzeigen. Wenn aber die Meridianhöhe auf der Nordseite des Meridians beobachtet ist, so wird die Formel für die Breite $\varphi = (90^{0} - h) \mp \delta$. Um beide Fälle in eine Regel zusammenzufassen, so hat man diese so ausdrücken können:

> „ist die Höhe im Meridiane nach Süden beobachtet, so bezeichne man die Zenithdistanz als nördlich, und umgekehrt lasse man zu einer nördlichen Höhe eine südliche Zenithdistanz gehören (d. h. das Zenith südlich vom Gestirne). Wenn dann Zenithdistanz und Declination gleichnamig (beide Süd oder beide Nord) sich ergeben, so ist ihre Summe die Breite; wenn aber Zenithdistanz und Declination ungleichnamig sind, so wird ihre Differenz die gesuchte Breite und letzte ist immer gleichnamig mit dem Grössten von beiden“.

Eine dringende Veranlassung zu dieser jetzt sehr allgemein angewandten Regel war durch den täglichen Gebrauch der Aufgabe auf der See geboten, wo man vormals durch ein minder sicher zu handhabendes Verfahren in Zweifel und Irrthümer gerathen konnte. (Man vergl. v. Zach's Aufsatz in der Zeitschr. für Astronomie, herausgegeben von Lindenau und Bohnenberger Octob. 1817.) Die Regel dagegen, welche v. Zach zu demselben Zwecke vorschlug, eine Buchstabenregel mit sechs verschiedenen Fällen *, empfiehlt sich weniger für das Gedächtniss und ist daher auch wohl nicht in Gebrauch gekommen.

Noch einfacher gestaltet sich die Sache bei der Beobachtung einer Meridianhöhe in der unteren Culmination, woraus die Polhöhe $\varphi = h + (90 - \delta)$ gefunden wird, indem hierbei als selbstverständlich vorausgesetzt werden muss, dass auf nördlicher Breite nur Gestirne von nördlicher Declination zur sichtbaren unteren Culmination gelangen können, wie auf südlicher Breite nur

* l. c. p. 173.

südliche Gestirne und daher keine Verschiedenheit der Zeichen eintreten kann. Die Regel wird also in diesem Falle:

„dass die Summe von Polardistanz und Höhe die Polhöhe oder Breite giebt, und zwar gleichnamig mit der Declination“.

Ist endlich von einem und demselben Gestirne die Höhe in beiden Culminationen beobachtet, so wird die halbe Summe dieser Höhen schon die Polhöhe, wenn die Declination des Gestirns als unveränderlich angesehen werden kann.

Einige vollständig berechnete Beispiele können ferner noch hierbei zur Erläuterung dienen.

1) Am 20. Octob. 1850 beobachtete ich auf der vormaligen Seecadettenschule zu Kiel mit einem älteren englischen Spiegelsextanten von Gilbert die doppelte Höhe des unteren Sonnenrandes = 50° 19′. Der Fehler des Instrumentes (Indexfehler oder Collimationsfehler) ergab sich aus der Ablesung bei der Berührung der Sonnenränder zur Linken vom Nullpunkte 34′ 30″ und bei der Berührung auf der andern Seite, rechts vom Nullpunkte 31′ 30″, so dass der halbe Unterschied = — 1′ 30″ der Collimationsfehler wurde, wonach bei dieser Stellung des Index oder der Alhidade der wahre Nullpunkt oder die parallele Stellung der Spiegel angezeigt war. Die Rechnung stellt sich demnach wie folgt:

Beobachtete doppelte Höhe	50°	19′	0″	
Collimationsfehler .	—	1	30	
	50	17	30	
Hälfte	25	8	45	
Refraction	—	2	2	
Parallaxe	+		9	
Halbmesser der Sonne	+	16	5	
Wahre Höhe	25	22	27	S.
Zenithdistanz	64	37	3	N.
Declination	10	18	47	S.
Breite	54	18	16	N.

2) Am 27. Juli 1860 beobachtete ich mit einem der kleineren Patentkreise von Martins während einer Reise von Spanien nach England auf dem englischen königl. Schiffe Himalaya die Mittagshöhe des untern Sonnenrandes über dem Meereshorizonte = 62° 50′ S. Der Collimationsfehler war durch übereinstimmende Prüfung mit der Sonne und dem Sterne Arcturus = + 1′ 0″ gefunden. Die Höhe des Auges betrug ungefähr 25 Fuss, und die Länge des Beobachtungsortes etwa $4\frac{1}{2}$ Grade westlich von Greenwich. Um hieraus die Breite zu bestimmen, würde die Rechnung sich so stellen:

Beobachtete Höhe des untern Randes		62°	50′	0″	
Indexfehler	+		1	0	
Depression des Horizontes	—		5	0	
Refraction	—			30	
Parallaxe	+			4	
Halbmesser der Sonne	+		15	47	
Wahre Centralhöhe		63	1	21	S.
Zenithdistanz		26	58	39	N.

Declination	19° 7′ 31″ N.
Breite	46 6 10 N.

Declination der Sonne um Mittag in Greenwich:

27. Juli = 19° 7′ 42″ — 35″ stündl. Aend.
— 11 für $4\frac{1}{2}$° W. Länge
Declination = 19 7 31 zur Mittagszeit am Beob. Orte.

Die angegebene Länge = $4\frac{1}{2}$ W. von Greenwich entspricht einem Mittagsunterschiede von 18 Minuten zwischen jenem und dem Beobachtungsorte, und da die stündliche Abnahme der Declination 35″ betrug, so wurde die verhältnissmässige Reduction auf die Mittagszeit des Beobachtungsortes 11″, welche, von der Declination um Mittag zu Greenwich subtrahirt, die erforderliche Declination für den Augenblick der Beobachtung ergab.

§. 211. Andere specielle Fälle, durch Höhenmessungen allein die Breite zu finden.

Ist eine Höhe h genau im Sechsuhrkreise gemessen und wird die Declination δ als bekannt angenommen, so giebt ein rechtwinkliges sphärisches Dreieck die Breite φ nach der Formel $\sin\varphi \sin\delta = \sin h$. Hier ist also $d\varphi = \frac{\cos h}{\sin\delta \cos\varphi} dh$, wobei immer h kleiner als δ wird.

Wenn dagegen die Höhe im ersten Verticale gemessen wurde, so hat man in einem gleichfalls rechtwinkligen Dreiecke $\sin\varphi \sin h = \sin\delta$ und $d\varphi = -\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg} h} dh$, dabei ist h immer grösser als δ.

Die Auflösung des Falles, wo zwei gleichzeitige Höhen von zwei verschiedenen Gestirnen für die Breitenbestimmung beobachtet sind, ergiebt sich aus den Bemerkungen, dass zunächst das sphärische Dreieck zwischen dem Pol und den beiden bekannten Gestirnen als vollständig bekannt angesehen werden kann. In einem zweiten sphärischen Dreiecke zwischen dem Zenith und den beiden Gestirnsörtern wären dann auch die drei Seiten bekannt, und endlich in einem dritten Dreiecke zwischen Zenith, Pol und dem Orte des einen Gestirns hätte man zwei Seiten und den eingeschlossenen Winkel, während die dritte Seite das Complement der gesuchten Polhöhe darstellt. Uebrigens würde die Auflösung eine zweifache werden, wenn über die Lage des zweiten Dreieckes nichts Näheres aus den Beobachtungen vorliegt.

Bei einem anderen Falle zur Breitenbestimmung aus der gleichzeitigen Höhe zweier Gestirne in demselben Verticale würde man zunächst wieder von dem bekannten Dreiecke zwischen dem Pol und den Gestirnsörtern ausgehen können, das zweite Dreieck des vorigen Falles aber fiele nun in einen Kreisbogen zusammen, und das letzte Dreieck bleibe wie vorher zwischen Zenith, Pol und dem einen Gestirnsorte zu berechnen übrig.

Ist endlich eine gleiche Höhe zweier bekannten Sterne zu derselben Zeit beobachtet, so kommt die Aufgabe auf den vorletzten Fall zurück, mit der

Vereinfachung, dass das Dreieck zwischen dem Zenith und den Gestirnsörtern ein gleichschenkliges geworden ist.

§. 212. Breitenbestimmung durch Zeitmessungen.

Durch Messungen nach der Uhr allein kann die Breite sehr sicher gefunden werden, wenn in diesem Falle das Zeitintervall zwischen dem östlichen und westlichen Durchgange eines Sternes durch den ersten Vertical beobachtet ist. Das rechtwinklige sphärische Dreieck zwischen Zenith, Pol und Stern enthält dann die halbe verflossene Zeit als den bekannten Stundenwinkel t, und die Breite φ wird demnach mittelst der Formel $\operatorname{cotg} \varphi = \cos t \operatorname{cotg} \delta$ bestimmt.

Mit Rücksicht auf den Fall, wo δ nur wenig kleiner als φ ist, also t sehr klein wird, kann man die letzte Formel verwandeln, indem sie zunächst $\cos \varphi \sin \delta = \cos t \sin \varphi \cos \delta = \left(1 - 2 \sin \frac{1}{2} t^2\right) \sin \varphi \cos \delta$ wird, mithin $\sin \varphi \cos \delta - \cos \varphi \sin \delta = 2 \sin \frac{1}{2} t^2 \sin \varphi \cos \delta$ oder endlich

$$\sin(\varphi - \delta) = 2 \sin \frac{1}{2} t^2 \cdot \sin \varphi \cos \delta.$$

Wenn nun bei den Zenithalsternen $\varphi - \delta$ sehr klein ist, um die höheren Potenzen vernachlässigen zu können, so wäre

$$\varphi - \delta = 2 \sin \frac{1}{2} t^2 \cdot \sin \varphi \cos \delta$$

und damit φ leicht und genau bestimmt, wenn δ bekannt ist.

Die Methode, diese Art von Beobachtungen nach der Uhr allein zur Bestimmung der Breite mittelst Anwendung eines im ersten Vertical aufgestellten Passageninstrumentes auszuführen, wurde zuerst von Ole Römer angegeben (s. Horrebow, *Basis Astronomiae*, Hafniae 1735), später von Bessel (Astr. Nachr. 1824, Bd. 3) wieder gefunden und mit Erfolg eingeführt. M. s. a. Encke, Berlin. Astr. Jahrb. f. 1839 und 1843, Brünnow Sphär. Astr. etc.

Beispiel. Am 9. März 1845 beobachtete ich auf der Berliner Sternwarte die Zeit des Durchgangs des Sterns θ Urs. maj. durch den ersten Vertical am Mittelfaden des Fernrohrs im Osten, als die Sternuhr $9^h\, 3^m\, 12^s,0$ zeigte, und im Westen (nachdem auch die Drehungsaxe des Fernrohrs umgelegt war), als dieselbe Uhr $9^h\, 46^m\, 50^s,5$ angab. Hiernach ist der halbe Zeitunterschied oder $t = 21^m\, 49^s,25$. Die Declination des Sterns für die Beobachtungszeit $= 52^0\, 22'\, 39'',10$ nach Argelander angenommen, so wird das Resultat $7'\, 32'',5$ für die Meridianzenithdistanz. Hierzu kommt noch eine Correction des Instruments von $+ 5'',8$ nach der Angabe des Niveaus, da die Umdrehungsaxe des Fernrohrs nicht genau horizontal lag; mithin $\varphi - \delta = 7'\, 38'',3$ und $\varphi = 52^0\, 30'\, 17'',4$.

Wegen häufiger Anwendungen hat man eine Hülfstafel der berechneten Werthe von $2 \sin \frac{1}{2} t^2$ in verschiedenen Tabellensammlungen, z. B. in der von Warnstorf herausgegebenen Sammlung der Schumacher'schen Hülfstafeln.

Dass die Sterne ein um so genaueres Resultat für die Polhöhe oder die Zenithdistanz geben werden, je kleiner t, also je näher sie dem Zenith sind, ergiebt die Differenzirung der Gleichung $\operatorname{cotg}\varphi = \cos t \operatorname{cotg}\delta$, wonach $d\varphi = \sin\varphi^2 \cdot \operatorname{cotg}\delta \sin t \cdot dt$ ist.

Von W. Struve in Pulkowa wurde aus solchen Beobachtungen im ersten Vertical eine neue Bestimmung der Aberrationsconstante ausgeführt.

Andere Fälle, durch die Zeitmessung allein, die Polhöhe wenigstens genähert zu bestimmen, sind von Alters her bekannt, z. B. die Beobachtung der Länge des Tages oder der Nacht, wobei nur Rücksicht auf die Strahlenbrechung genommen werden müsste. Man hätte dann in einem sphärischen Dreiecke mit zwei bekannten Seiten, nämlich der Polardistanz und Zenithdistanz, nebst dem Winkel am Pole die nöthigen Data, um die dritte Seite als Complement der Breite zu finden.

Ferner liesse sich schon durch die beobachtete Dauer des Aufgangs oder Untergangs der Sonnenscheibe die Breite bestimmen, indem mit Rücksicht auf die Refraction zwei gegebene Zenithdistanzen ausser den bekannten Polardistanzen und dem beobachteten Winkel am Pole bekannt wären, die Aufgabe demnach auf das nachher zu erörternde s. g. Douwes'sche Problem von der Bestimmung der Breite aus 2 Höhen nebst der verflossenen Zeit zurückkommen würde. Ebenso würde hierher der Fall gehören, wenn man die verflossene Zeit zwischen dem Aufgange oder Untergange zweier bekannten Sterne beobachtet hätte.

§. 213. Breitenbestimmung durch Azimuthmessungen.

Hat man wie in neuerer Zeit durch Hülfe der Theodoliten ein Mittel zu guten Azimuthmessungen, so kann dies ebenfalls für die Polhöhenbestimmungen mit Erfolg angewandt werden. Es sei zu dem Zwecke das grösste Azimuth eines Circumpolarsterns beobachtet, welches durch die Wahrnehmung, wo der Stern im Azimuthe stationär wird, leicht erlangt werden kann; dann giebt das Dreieck zwischen Zenith, Pol und Stern, da es am Sterne rechtwinkelig ist, die Gleichung $\cos\delta = \sin A \cos\varphi$, wo A das beobachtete grösste Azimuth ist.

Beispiel. Am 20. Mai 1850 beobachtete Prof. Dr. Böhm in Innsbruck das östliche und westliche grösste Azimuth des Sterns η Urs. maj., indem der Azimuthalkreis in der ersten Stellung 146° 58′ 11″,6 und in der zweiten 4° 47′ 59″,1 zeigte. Der halbe Unterschied beider Ablesungen ist also $A = 71° 5' 6'',2$ und wenn die Declination des Sterns $= 50° 3' 55'',6$ ist, so folgt die Polhöhe von Innsbruck $= 47° 16' 9'',4$ welches auch durch eine Reihe anderer sehr gut übereinstimmender Beobachtungen derselben Art bestätigt wird.

Ausführliches über das Detail dieses von Dr. Böhm angeregten Verfahrens findet sich in dessen Schrift, welche aus dem 9. Bande der Abh. der k. böhmischen Ges. d. Wissensch. abgedruckt ist, unter dem Titel: Methode, geographische Breite und Azimuth zugleich aus blossen Azimuth-Beobachtungen der Circumpolarsterne ohne Kenntniss und Hülfe der Zeit auf das Genaueste zu finden. Prag 1855, 28 S. in 4.

Um noch die anderen Fälle von geringerem praktischen Werthe wenigstens näher anzudeuten, so würde die Beobachtung eines gleichen Azimuths zweier

Sterne, welche demnach in demselben Vertical erscheinen, zur Breitenbestimmung verwendet werden können, da zunächst das Dreieck zwischen beiden Sternen und dem Pole bekannt wäre, mithin auch ein Winkel als Supplement in dem Dreiecke zwischen Pol, Zenith und dem anderen Sterne ausser dem beobachteten Azimuthe und der Polardistanz, folglich die dritte Seite oder das Complement der Breite hieraus sich bestimmen liesse.

Oder es sei die Azimuthdifferenz zweier Sterne von gleicher, aber unbekannter Höhe beobachtet, so würde nächst dem ersten bekannten Dreiecke zwischen dem Pole und den Gestirnen, dann in einem gleichschenkeligen Dreiecke auch die Grundlinie und der gegenüberliegende Winkel bekannt sein, wodurch weiter in einem dritten Dreiecke der Abstand zwischen Zenith und Pol, mithin das Complement der Breite zu finden wäre.

Würden aber die Azimuthe zweier Sterne beobachtet, so hätte man den Fall des s. g. POTHENOT'schen Problems in Beziehung auf sphärische Dreiecke, indem dann die drei gegebenen Punkte den Pol und die beiden Sternörter darstellen, und als vierter Punkt die Lage des Zeniths gesucht würde, an welchem die Azimuthe die bekannten Winkel sind.

Hätte man endlich die Differenzen der Azimuthe von drei bekannten Sternen beobachtet, so würde die Bestimmung der Polhöhe ebenfalls von der Auflösung desselben Problems abhängen, indem die drei Sternörter die drei bekannten Punkte darstellen, der Ort des Zeniths aber der gesuchte vierte Punkt wäre. Eine Auflösung dieses POTHENOT'schen Problems für die Sphäre wurde von RÜMKER gegeben durch Zurückführung auf eine Gleichung vierten Grades, in dessen Handbuch der Schiffahrtskunde, Hamburg 1850, S. 163. — Sammlungen von mehreren Aufgaben dieser Art finden sich u. a. in der *Astronomie nautique* von MAUPERTUIS, Paris 1751, 2. Ausgabe, und in der *Astronomie des Marins* (von PEZENAS), Avignon 1764. Bemerkenswerthe Fälle, mit Rücksicht auf die praktische Anwendung bearbeitet, sind in neuerer Zeit noch gegeben von LITTROW, Astronomische Vorlesungen, Wien 1830; BRÜNNOW, Sphärische Astronomie, Berlin 1851, und in der oben angeführten Schrift von Dr. BÖHM.

§. 214. Breitenbestimmung durch combinirte Höhen- und Zeitmessung.

Ist zunächst eine Höhe h und der Zeitwinkel t eines Gestirns bekannt, dessen Declination δ sei, so giebt das sphärische Dreieck, worin zwei Seiten und ein gegenüberliegender Winkel bekannt sind, die dritte Seite als Complement der Breite aber gesucht wird, die Breite φ nach den Formeln

$$\cos t \operatorname{cotg} \delta = \operatorname{tg} x, \quad \cos x \sin h = \sin \delta \cos y, \quad x \pm y = 90 - \varphi.$$

Das doppelte Zeichen giebt die beiden möglichen Auflösungen für die Breite, da die Aufgabe unbestimmt ist und nur durch die Beobachtung oder die genähert bekannte Breite entschieden werden müsste, ob der Winkel des Dreieckes am Zenith stumpf oder spitz sei.

Die angegebene zweite Formel kann auch unsicher werden, wenn x nahe an 90° und y sehr klein ist. In diesem Falle könnte die Rechnung sicherer nach den Formeln geführt werden:

$$\cos t \operatorname{cotg} \delta = \operatorname{tg} x, \quad \sin t \cos \delta = \sin p, \quad \frac{\sin h}{\cos p} = \cos y,$$

$$x \mp y = 90^{\circ} - \varphi.$$

Die Grundgleichung der Aufgabe

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t,$$

worin φ die gesuchte Grösse ist, zeigt wegen des Vorkommens von sin und cos, dass die Auflösung von einer quadratischen Gleichung abhängt, mithin eine zweifache ist. Doch wird die Ausführung der Rechnung auf diesem Wege weniger bequem.

Sehr anwendbar ist dagegen eine genäherte Auflösung, welche man erhält aus der Substitution von $\cos t = 1 - 2 \sin \frac{1}{2} t^2$, so dass

$$\sin h = \cos(\varphi - \delta) - \cos \varphi \cos \delta \cdot 2 \sin \frac{1}{2} t^2$$

$$\cos(\varphi - \delta) = \sin h + \cos \varphi \cos \delta \cdot 2 \sin \frac{1}{2} t^2,$$

worin $\cos \varphi$ aus dem genäherten Werthe von φ als gegebene Grösse benutzt werden kann, wenigstens in der Voraussetzung, dass t möglichst klein und h nicht zu nahe an 90° ist. Denn die Differenzirung nach φ und t giebt $d\varphi = \frac{\cos \varphi \cos \delta \sin t}{\cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t} \cdot dt = \frac{\sin t}{\operatorname{tg} \delta - \operatorname{cotg} \varphi \cos t} \cdot dt$ und da nach einer Grundgleichung der sphärischen Trigonometrie, wenn A den Azimuthwinkel unseres Dreieckes bezeichnet:

$$\sin t \operatorname{cotg} A = \cos \varphi \operatorname{tg} \delta - \sin \varphi \cos t,$$

so wird auch

$$d\varphi = \cos \varphi \operatorname{tang} A \cdot dt$$

und demnach diese Bestimmung ganz unsicher, wenn A nahe an 90°, also das Gestirn in der Nähe des ersten Verticals ist.

Beispiel 1. Am 29. Octob. 1850 beobachtete ich zu Kiel mit einem Sextanten von Filby um $11^{h}\,31^{m}\,8^{s}$ Uhrzeit die doppelte Höhe des untern Sonnenrandes $43^{\circ}\,58'\,54''$. Die Uhr war $1^{m}\,12^{s}$ zurück gegen mittlere Zeit des Beobachtungsortes, und die Correction des Instrumentes $15''$ zu subtrahiren. Die Zeitgleichung betrug $16^{m}\,8^{s}$ zur mittleren Zeit zu addiren, die Declination der Sonne $13^{\circ}\,25'\,29''$ südlich. Die Berechnung mit der wahren Höhe $h = 22^{\circ}\,13'\,15''$ und dem Stundenwinkel $t = 0^{h}\,11^{m}\,32^{s}$ giebt hiernach die Breite $= 54^{\circ}\,18'\,26''$.

2. Am 15. Juli 1860 beobachtete ich zu Vitoria in Spanien mit einem Prismen- (Patent-) Kreise der kleineren Sorte von Martins die doppelte Höhe des untern Sonnenrandes $136^{\circ}\,21'\,0''$, als ein Chronometer von Winnerl $0^{h}\,30^{m}\,46^{s}$ zeigte. Der Collimationsfehler war $+ 1'\,0''$ und das Chronometer um $38^{m}\,56^{s}$ voraus gegen mittlere Zeit in Vitoria. Daher wurde die mittlere

Zeit dieses Ortes $11^h\,51^m\,10^s$, und da die Zeitgleichung $5^m\,39^s$ zu subtrahiren war, die wahre Ortszeit $11^h\,46^m\,11^s$, mithin der Stundenwinkel $t = 0^h\,13^m\,49^s$. Ferner war die Declination der Sonne $21^0\,28'\,28''$ und da die wahre Höhe des Sonnenmittelpunktes $68^0\,26'\,27''$ wurde, so ergab sich die Breite des Beobachtungsortes $42^0\,50'\,22''$ nördlich.

Noch besonders vortheilhaft ist in diesem Falle die Breitenbestimmung aus der Höhe des Polarsternes, da es bei der langsamen täglichen Bewegurg desselben nicht so genau auf die Zeit der Beobachtung ankommt und ferner aus demselben Grunde eine Höhenmessung des Polarsterns zu jeder Zeit für diesen Zweck als günstig anzusehen ist.

Da der Polarstern nur $1\frac{1}{2}$ Grade vom Pol entfernt ist, so kann man sogar bei einer genäherten Bestimmung das kleine Dreieck zwischen Pol, Stern und dem Fusspunkte des Perpendikels, welches vom Sterne auf den Meridian gefällt ist, wie ein ebenes Dreieck berechnen und die Correction c, welche als die eine Kathete dieses Dreieckes den genäherten Höhenunterschied zwischen Stern und Pol ausdrückt, durch die einfache Formel:

$$c = (90^0 - \delta)\cos t$$

finden. Die Auflösung des sphärischen Dreieckes würde dagegen zu der strengen Formel führen:

$$\cos t \operatorname{cotg} \delta = \operatorname{tang} c, \qquad \cos c \sin h = \sin \delta \cdot \sin(\varphi + c).$$

Um diese strenge Rechnung nicht mit siebenstelligen Logarithmen zu führen, kann man auch den kleinen Unterschied suchen zwischen φ und h. Von der Formel ausgehend:

$$\sin h = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t$$

lässt sich $\sin\delta = 1 - 2\sin^2\left(45 - \frac{1}{2}\delta\right)$ und $\sin h - \sin\varphi = 2\sin\frac{1}{2}(h-\varphi)$ $\cos\frac{1}{2}(h+\varphi)$ substituiren, wodurch:

$$2\sin\frac{1}{2}(h-\varphi) = \frac{\cos\varphi\cos\delta\cos t}{\cos\frac{1}{2}(h+\varphi)} - \frac{\sin\varphi\sin^2\left(45-\frac{1}{2}\delta\right)}{\cos\frac{1}{2}(h+\varphi)}$$

und für φ auf der rechten Seite der Näherungswerth zu setzen ist.

Noch andere Berechnungsarten hat man aus der Reihenentwickelung nach den Potenzen der kleinen Polardistanz erhalten (Littrow u. A.) und die Rechnung danach ferner durch die Hülfstafeln (v. Schumacher u. im *Naut. Alm.*) erleichtert.

Beispiel. Am 18. Sept. 1851 beobachtete ich mit dem Höhenkreise eines Theodoliten (Universalinstrumentes) von Martins in Berlin, zu Kiel die Höhe des Polarsterns, wobei der Höhenkreis in der ersten Lage $323^0\,50'\,10''$ und nachdem das Instrument um 180 Grade gedreht und wieder eingestellt war, so dass die Gesichtslinie des Fernrohrs die doppelte Zenithdistanz durchlaufen hatte,

in der zweiten Lage 36° 7′ 20″. Demnach wurde die doppelte Zenithdistanz 72° 17′ 10″ und die einfache 36° 8′ 35″. Hierzu die Strahlenbrechung 42″, gab 36° 9′ 17″ für die wahre Zenithdistanz. Der Stundenwinkel des Polarsterns war um dieselbe Zeit $7^h\, 9^m\, 41^s$ und die Declination desselben 88° 30′ 55″. Hieraus ergab sich die Breite des Beobachtungsortes 54° 18′ 55″. Der Beobachtungsort lag 19″,8 südlicher als die Nicolaikirche, wonach die Breite der letzteren = 54° 19′ 15″. — Zugleich ergab sich für die Bestimmung der Mittagslinie zum Behuf der Orientirung eines Stadtplanes das wahre Azimuth des Polarsterns = 2° 24′ 13″ und da die Ablesung auf dem Horizontalkreise 158° 0′ 45″ zeigte, so waren 155° 36′ 32″ von dieser Angabe abzuziehen. Ferner war das abgelesene Azimuth des Nicolaithurmes = 195° 4′ 40″, mithin das wahre Azimuth dieses Thurmes = 39° 28′ 8″ von Nord nach Ost in Beziehung auf den Standort, nämlich das Gebäude der vormaligen Seecadettenschule.

Von praktischem Werthe ist ferner die hierher gehörige Methode der Circummeridianhöhen. Sie besteht in einer Vervielfältigung der beobachteten Höhen in der Nähe des Meridians. Die Formel für die Berechnung einer einzelnen Höhe war nach dem Vorhergehenden:

$$\cos(\varphi - \delta) = \sin h + 2 \sin \frac{1}{2} t^2 \cos\varphi \cos\delta = \sin h_0,$$

wo h_0 also die Meridianhöhe bedeutet, so dass:

$$\sin h_0 - \sin h = 2 \sin \frac{1}{2} t^2 \cos\varphi \cos\delta = 2 \sin \frac{1}{2} (h_0 - h) \cos \frac{1}{2} (h_0 + h).$$

Setzt man nun $h_0 - h = \varDelta h$ und addirt hierzu beiderseits $2h$, so wird $h_0 + h = 2h + \varDelta h$ oder $\frac{1}{2}(h_0 + h) = h + \frac{1}{2}\varDelta h$ und damit die vorhergehende Gleichung:

$$\sin \frac{1}{2} \varDelta h \cdot \cos\left(h + \frac{1}{2}\varDelta h\right) = \sin \frac{1}{2} t^2 \cdot \cos\varphi \cos\delta$$

oder

$$\sin \frac{1}{2} \varDelta h = \frac{\sin \frac{1}{2} t^2 \cos\varphi \cos\delta}{\cos\left(h + \frac{1}{2}\varDelta h\right)}.$$

Ist aber $\varDelta h$ sehr klein, so wird einfacher

$$\varDelta h = \frac{2 \sin \frac{1}{2} t^2 \cos\varphi \cos\delta}{\cos\left(h + \frac{1}{2}\varDelta h\right)}$$

oder

$$\varDelta h = \frac{2 \sin \frac{1}{2} t^2 \cos\varphi \cos\delta}{\sin(\varphi - \delta)},$$

wo die rechte Seite mit 206265 zu multipliciren ist, um Δh in Secunden zu erhalten. Eine Hülfstafel für $2 \sin \frac{1}{2} t^2$ ist für diese Aufgabe zur Reduction auf den Meridian zunächst berechnet worden. Sie wurde früher als eine Tabelle der DELAMBRE'schen Zahlen bezeichnet.

Beispiel 1. Am 29. Octob. 1850 stellte ich zu Kiel folgende Beobachtungen an:

Chronometer von JÜRGENSEN	Sextant von FILBY	
$11^h\ 26^m\ 57^s$	$43^\circ\ 54'\ 30''$	doppelte Höhe des unteren Sonnenrandes
29 40	43 57 0	
30 23	43 58 45	
32 34	44 0 30	
36 36	44 3 45.	

Das Chronometer war $1^m\ 12^s$ zurück gegen mittlere Zeit in Kiel. Die Zeitgleichung betrug $16^m\ 8^s$, der Collimationsfehler des Sextanten $= -15''$, und die Declination der Sonne $-13^\circ\ 25'\ 39''$. Demnach wurde $\log \frac{\cos\varphi \cos\delta}{\sin(\varphi-\delta)} = 9{,}78769$ und die wahre Höhe im arithmetischen Mittel aus den verschiedenen Beobachtungen $h = 22^\circ\ 13'\ 15''$, die mittlere Reduction auf den Meridian, d. h. das Mittel aus allen $2 \sin \frac{1}{2} t^2$ multiplicirt mit $\frac{\cos\varphi \cos\delta}{\sin(\varphi-\delta)}$ endlich $= 2'\ 53''$, also die Meridianhöhe selbst $= 22^\circ\ 16'\ 8''$ und damit die Breite $= 54^\circ\ 18'\ 13''$.

Wenn man jede Höhe einzeln berechnet, so werden die Resultate der Reihe nach folgende:

$$
\begin{array}{rcl}
\varphi & = & 54^\circ\ 18'\ 21'' \\
 & & 18\ \ 24 \\
 & & 18\ \ \ 9 \\
 & & 18\ \ 15 \\
 & & 17\ \ 57 \\
\hline
\text{Mittel } \varphi & = & 54\ \ 18\ \ 13,
\end{array}
$$

welches mit dem Vorhergehenden genau übereinstimmt. Dagegen würde die Behandlung des arithmetischen Mittels aus den Höhen als einzige Beobachtung für die Breite $54^\circ\ 18'\ 26''$ gegeben haben, welches nicht so genau sein kann, da die Höhen sich nicht mehr strenge der Zeit proportional ändern.

Beispiel 2. Am 15. Juli 1860 beobachtete ich zu Vitoria in Spanien mit einem kleinen Patentkreise von MARTINS in Berlin, wie folgt:

Chronometer von WINNERL	Doppelte Höhen des untern Sonnenrandes
$0^h\ 30^m\ 46^s$	$136^\circ\ 21'\ 0''$
0 32 55	136 28 20
0 34 45	136 30 0
0 36 39	137 38 40.

Das Chronometer war $38^m\ 56^s$ voraus gegen die mittlere Zeit des Beobachtungsortes. Indexfehler $+ 1'\ 0''$, Thermometer $+ 25$ R., Barometer 26 Z.

7 L. Die Zeitgleichung betrug $5^m\,39^s$ und die Declination der Sonne $21^\circ\,28'\,28''$. Hieraus ergaben sich die einzelnen berechneten Breiten des Beobachtungsortes wie folgt:

	42° 50′ 22″
	49 54
	51 36
	50 52
Mittel	42 50 41 für die Breite von Vitoria.

Eine Ergänzung für die Berechnung der Circummeridianhöhen bezüglich der grösseren Genauigkeit, wo sie erforderlich ist, ergiebt sich noch, wenn man auf die strenge Formel zurückgeht:

$$2 \sin \frac{1}{2} \varDelta h = 2 \sin \frac{1}{2} t^2 \cdot \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\cos \left(h + \frac{1}{2} \varDelta h\right)}$$

und die Entwickelung vornimmt:

$$\sin \frac{1}{2} \varDelta h = \frac{1}{2} \varDelta h - \frac{1}{8} \cdot \frac{\varDelta h^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \ldots$$

$$2 \sin \frac{1}{2} \varDelta h = \varDelta h - \frac{1}{24} \cdot \varDelta h^3 + \ldots$$

$$\varDelta h = 2 \sin \frac{1}{2} t^2 \cdot \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\cos \left(h + \frac{1}{2} \varDelta h\right)} + \frac{1}{24} \varDelta h^3$$

$$\varDelta h = 2 \sin \frac{1}{2} t^2 \cdot \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\cos \left(h + \frac{1}{2} \varDelta h\right)} + \frac{8 \sin \frac{1}{2} t^6}{24} \cdot \left(\frac{\cos \varphi \cos \delta}{\cos \left(h + \frac{1}{2} \varDelta h\right)}\right)^3,$$

wovon die erste Hülfstafel in der Schumacher'schen Sammlung $2 \sin \frac{1}{2} t^2 = m$ giebt, und eine zweite Hülfstafel $\dfrac{8 \sin \frac{1}{2} t^6}{24} = \dfrac{m^3}{24}$.

Als eine Hauptaufgabe für die Breiten- und Zeitbestimmung, wie für die sphärische Astronomie überhaupt ist ferner das Douwes'sche Problem anzuführen, wobei es sich darum handelt, aus 2 Höhen und der verflossenen Zeit nebst der bekannten Declination eines Gestirns die Breite und den Fehler der Uhr zu finden. Die Aufgabe war freilich lange vor Douwes bekannt und verschiedene Formen der Auflösung dafür vorgeschlagen; Maupertuis z. B. in seiner *Astronomie nautique*, 2. Ausg., Paris 1751, gab für die Auflösung eine ziemlich weitläuftige quadratische Gleichung, indem er sich der von Euler eingeführten Symbole von sin und cos nicht bediente, sondern die trigonometrischen Functionen noch mit einzelnen Buchstaben bezeichnete, um Alles auf die Form algebraischer Gleichungen zu bringen, wodurch aber manche gegenseitige Beziehungen

übersehen wurden. Cornelius Douwes berechnete für eine trigonometrische genäherte Auflösung eigene Hülfstafeln, welche im Jahre 1755 * bekannt gemacht und bald sehr allgemein eingeführt wurden. Douwes hatte das Verdienst, die Aufgabe überhaupt zur Anwendung zu bringen, während seine besonderen Hülfstafeln bei den gewöhnlichen trigonometrischen Tafeln eigentlich entbehrt werden konnten, da sie die Auflösung doch nicht wesentlich abkürzten. Die Auflösung von Douwes ergiebt sich leicht aus der Fundamentalgleichung, worin h und t, h' und t' die zusammengehörigen Höhen mit ihren unbekannten Stundenwinkeln sind:

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t \\ \sin h' &= \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t' \\ \hline \sin h' - \sin h &= \cos\varphi \cos\delta\,(\cos t' - \cos t) \\ &= 2\cos\varphi\cos\delta \sin\tfrac{1}{2}(t+t') \sin\tfrac{1}{2}(t-t') \end{aligned}$$

$$\sin\frac{1}{2}(t+t') = \frac{\sin h' - \sin h}{2\cos\varphi\,\cos\delta\,\sin\frac{1}{2}(t-t')},$$

woraus t und t' bekannt werden, da $t-t'$ als die verflossene Zeit gegeben ist, und zu der grösseren Höhe h' der kleinere Stundenwinkel t' gehört. Endlich ist wie vorhin die Breite φ zu bestimmen nach der Formel:

$$\cos(\varphi - \delta) = \sin h' + 2\sin\frac{1}{2}t'^2 \cdot \cos\varphi\cos\delta.$$

Es wird hierbei das φ auf der rechten Seite genähert angenommen. Die Hülfstafeln von Douwes geben nun 1. eine Tafel für den Logarithmen von $\dfrac{1}{\sin\frac{1}{2}(t-t')}$ unter dem Namen Logar. der halb verflossenen Zeit (Log. $\frac{1}{2}$ *verloopen Tyd*), 2. eine Tafel für Log. $2\sin\frac{1}{2}(t+t')$, genannt Logar. der Mittelzeit (*Log. Middel Tyd*) und endlich eine Tafel für log. $2\sin\frac{1}{2}t^2$ unter der Benennung Logarithmus der Steigezeit (*Log. Ryzing*), welche zusammen 44 Seiten einnehmen, während nur die letztere Tafel als Log. des *sinus versus* zu einem allgemeineren Gebrauch auch für andere Zwecke dienen konnte.

Die strenge Auflösung dieses Problems der zwei Höhen vermittelst der Berechnung der sphärischen Dreiecke liess sich, wenn man die Dreiecke einzeln berechnen wollte, so vorstellen. Zuerst ist in dem Dreiecke, dessen Seite die Polardistanzen bedeuten und welche die verflossene Zeit als eingeschlossenen Winkel enthalten, die dritte Seite und einer der übrigen Winkel zu berechnen; dann in einem zweiten Dreiecke, dessen zwei Seiten die gegebenen Zenithdistanzen sind, während die dritte Seite schon berechnet ist, findet man einen

* Verhandeling om buiten den middag op zee de waare middagsbreedte te vinden (Verh. d. Maatsch. te Harlem, I, 1755).

Winkel, welcher einer der Zenithdistanzen gegenüberliegt; endlich hat man dann in einem dritten Dreiecke zwei Seiten und den eingeschlossenen Winkel bekannt, nämlich eine Zenithdistanz, eine Polardistanz und die Differenz der vorhin berechneten beiden Winkel, womit die dritte Seite als Complement der Breite, wie auch der Winkel am Pol, also die Zeit bestimmt werden kann.

Zur Vermeidung der umständlichen Berechnung der einzelnen Dreiecke hat man Formeln für die directe Auflösung des Problems gegeben. Man findet solche Auflösungen von Kästner Astron. Abh. I, p. 413, von F. T. Schubert im Berl. Astr. Jahrb. f. 1790, von W. L. Krafft, Nova Acta Petropol., T. IX, ad A. 1791, p. 353, von Klügel im Berl. Astr. Jahrb. f. 1798, u. m. A. Die Auflösung von Ivory (*Philos. Mag.* Aug. 1821) scheint am meisten Eingang gefunden zu haben. Sie wird auch als Methode von Lobatto und Hazewinkel bezeichnet und ist mit einer nur kleinen Veränderung die Methode von Krafft*. Man bestimmt danach die Hülfswinkel nicht an den Gestirnsörtern, sondern an dem Punkte, welcher in der Mitte zwischen beiden liegt, wodurch bei unveränderter Declination der eine dieser Winkel 90° ist.

$$1)\quad \cos\delta \sin\frac{1}{2}(t'-t) = \sin a$$

$$2)\quad \sin\delta \sec a = \cos b$$

$$3)\quad \frac{\sin\frac{1}{2}(h-h')\cos\frac{1}{2}(h+h')}{\sin a} = \sin c$$

$$4)\quad \frac{\cos\frac{1}{2}(h-h')\sin\frac{1}{2}(h+h')}{\cos a \cos c} = \cos d$$

$$5)\quad \cos c \cos(b-d) = \sin\varphi.$$

Die geometrische Bedeutung der Hülfsgrössen a und b ergiebt sich sogleich aus der Figur. Die Grössen c und d erhält man durch Subtraction und Addition aus den beiden Gleichungen, worin f der Abstand des Zeniths von der Mitte des Bogens zwischen den beiden Oertern des Gestirns ist, g der Winkel an diesem Orte, welcher dem Complement der Breite gegenüberliegt:

* Krafft setzt (l. c.), indem er die Declination mit d, die verflossene Zeit mit θ, die Breite mit l, die Höhen mit H und h bezeichnet:

$$\frac{\sin H - \sin h}{2} = A, \qquad \frac{\sin H + \sin h}{2} = B$$

$$\frac{A}{\sin\frac{1}{2}\theta\cos d} = \sin\alpha, \qquad \frac{\operatorname{tg} d}{\cos\frac{1}{2}\theta} = \operatorname{tg}\beta$$

$$\frac{B\cos\beta}{\cos\alpha\cos\frac{1}{2}\theta\cos d} = \sin\gamma, \qquad \beta-\gamma = \Delta, \qquad \beta+\gamma = \Sigma,$$

so wird $\sin l = \cos\alpha\cos\Delta$

und auch $\sin l = -\cos\alpha\cos\Sigma.$

$$\sin h = \cos a \cos f + \sin a \sin f \sin g$$
$$\sin h' = \cos a \cos f - \sin a \sin f \sin g$$
$$\frac{\sin h - \sin h'}{2 \sin a} = \sin f \sin g = \sin c$$
$$\sin h + \sin h' = 2 \cos a \cos f = 2 \cos a \cos c \cos d$$

u. s. w., wo die Bedeutung der übrigen zu Erläuterung eingeführten Bezeichnungen sich unmittelbar aus der Figur entnehmen lässt, und damit die obigen Formeln bewiesen sind, wenn man nur statt der Summe und Differenz der sinus ihre bekannten Producte setzt.

Ein anderes seinem Ursprunge nach etwas entlegeneres, aber für das Rechnungsschema sehr bequemes Verfahren von einem mir nicht bekannt gewordenen Autor fand ich im Jahre 1841 einmal im nautischen Gebrauche vorkommend, wozu das nachher folgende zweite Beispiel von Maskelyne als *typus calculi* diente. Es lässt sich herleiten durch die weitere Auflösung der Gleichung:

$$\sin \varphi = \cos c \cos e = \cos c \cos (b \mp d) = \cos c \cos b \cos d \pm \cos c \sin b \sin d,$$

wo das doppelte Zeichen, wie auch in der obigen Methode, den beiden möglichen Lagen des Zeniths entsprechend, die beiden verschiedenen Auflösungen der Aufgabe andeutet. Es wird nun:

$$\sin \varphi = \sec a^2 \sin \delta \sin \tfrac{1}{2}(h + h') \cos \tfrac{1}{2}(h - h') \pm \cos c \sin b \sin d$$

und wenn man das Product $\cos c \sin d$ aus $\sin c \cos d$ bildet und weiter reducirt*, so findet sich noch, dass auch gesetzt werden könne:

1) $\cos \delta \sin \frac{1}{2}(t' - t) = \sin a$

2) $\sin \delta \sec a = \cos b$

3) $\operatorname{cosec} a \sin \frac{1}{2}(h - h') = \sin C$

4) $\sec a \sin \frac{1}{2}(h + h') = \sin D$

5) $\sin \varphi = \cos b \sin D \cos \frac{1}{2}(h - h') \pm \sin b \cos C \cos D.$

Beispiel 1. Nach dem *Naut. Alm. f. 1822* wurde von Dr. Brinkley folgendes Beispiel nach einer etwas andern Form berechnet. Es sei die halbe

* Man kann dabei auch die Formeln anwenden für den Werth des Perpendikels p in einem sphärischen Dreiecke, welches auf die Seite a gefällt ist, wenn b und c die übrigen Seiten und s die halbe Summe der 3 Seiten bezeichnet:

$$\sin p = \frac{\sqrt{\sin s \sin (s - a) \sin (s - b) \sin (s - c)}}{\sin a}.$$

verflossene Zeit $= 1^h\ 10^m\ 0^s = 17^\circ\ 30'$, die wahren Höhen $70^\circ\ 1'$ und $35^\circ\ 21'$, die Declination $5^\circ\ 30'$ N., so wird nach den letzten Formeln:

$\sin\varphi = 0{,}07993 \pm 0{,}05269$ und damit $\varphi = 7^\circ\ 37'$ N. oder $1^\circ\ 34'$ N. Breite, welches in beiden Fällen übereinstimmt.

Beispiel 2 von Maskelyne *Req. Tab.* und Krafft: Nov. Act. Petr. ad A. 1791, p. 361. Die Zeiten der Uhr seien $10^h\ 17^m$ und $11^h\ 17^m$, die zugehörigen wahren Höhen $17^\circ\ 13'$ und $19^\circ\ 41'$, die Declination $20^\circ\ 0'$ S. Hieraus ergiebt sich:

$$\sin\varphi = -\ 10980 \pm 87590\,,\quad \varphi = 50^\circ\ 0'\ \text{N. oder}\ 80^\circ\ 18'\ \text{S. Breite.}$$

Krafft findet bei scharfer Rechnung mit 7 Decimalen $50^\circ\ 0'\ 4''$ N. und $80^\circ\ 19'\ 53''$ S.

Da das Douwes'sche Problem oder die Breitenbestimmung mittelst zweier Höhen und der verflossenen Zeit auf die Bestimmung eines unbekannten Punktes, hier des Zeniths, hinauskommt, während drei Punkte, der Pol und die beiden Gestirnsörter, gegeben sind, so wird man zur Beurtheilung einer zweckmässigen Wahl der Beobachtungen sich den Ort des Zeniths construirt denken können vermittelst des Durchschnitts zweier Kreise, deren sphärische Halbmesser die Zenithdistanzen sind. Dieser Durchschnittspunkt muss nämlich sehr ungenau ausfallen, wenn beide Gestirnsörter sich beinahe in einem und demselben Verticalkreise befinden, sei es auf derselben Seite vom Meridiane oder auf entgegengesetzten Seiten. Hieraus folgt schon, dass es zweckmässig ist, die eine Höhe in der Nähe des Meridians, die andere möglichst nahe dem ersten Verticale zu nehmen, um den Unterschied der Azimuthe nahe an 90° zu erhalten, wo der nahe rechtwinkelige Durchschnitt der Bestimmungskreise offenbar das sicherste Resultat geben wird.

Wenn statt der Sonne ein Fixstern beobachtet ist, so muss die verflossene Zeit, falls die Uhr nicht nach Sternzeit regulirt ist, auf letztere reducirt werden.

Beispiel. Am 20. Juni 1799 beobachtete A. v. Humboldt zu Montserrat in Spanien:

Uhrzeiten	Doppelte Höhen des Sirius	Declination.
$9^h\ 51^m\ 46^s$	$62^\circ\ 35'\ 19''$	$-\ 16^\circ\ 26'\ 58''$
10 30 17	63 57 14	

Die Zwischenzeit $0^h\ 38^m\ 31^s$ ist daher, weil die Uhr nach mittlerer Zeit regulirt war, um $6\frac{1}{2}$ Secunden zu vergrössern, um die Veränderung des Stundenwinkels darzustellen. Die Refractionen waren $1'\ 35''$ und $1'\ 33''$. Die Höhen liegen etwas ungünstig nahe beisammen. E. Schmidt (Math. Geogr. Göttingen 1829, S. 475) berechnet hieraus die Breite von Montserrat $= 41^\circ\ 35'\ 43''$. Nach dem Littrow'schen Verzeichniss, Leipzig 1844, wird die Breite von Montserrat nach Méchain zu $41^\circ\ 36'\ 16''$ angegeben.

Für den Fall, dass der Unterschied zweier Höhen eines Gestirns beobachtet und die Zeitwinkel bekannt wären, hätte man aus den Gleichungen:

$$\sin h = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t$$
$$\sin h' = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t',$$

durch Subtraction:

$$\cos \frac{1}{2}(h + h') = \frac{\cos \varphi \cos \delta \sin \frac{1}{2}(t' - t) \sin \frac{1}{2}(t' + t)}{\sin \frac{1}{2}(h - h')}$$

und wenn $\cos \varphi$ erheblich grösser als $\cos \frac{1}{2}(h + h')$ ist, so sind hiernach die Höhen und dann die Breite selbst mittelst einer der Höhen nebst der bekannten Declination zu bestimmen.

Sind endlich 3 Höhen eines Gestirns nebst den Zeitintervallen beobachtet worden, so hat man 3 Gleichungen von der Form:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

und noch 2 unabhängige Gleichungen für die bekannten Unterschiede der Stundenwinkel t. Man könnte hieraus demnach ausser φ und t auch noch δ bestimmen, wenn die Declination sich nicht einfacher und genauer nach andern bekannten Methoden ermitteln liesse, während bei dieser Aufgabe die kleinen Fehler in der Höhenmessung einen sehr erheblichen Einfluss auf die Resultate üben können (Man vergl. BOHNENBERGER Geogr. Ortsbestimmung S. 288, SCHMIDT's Math. Geogr. S. 487, BRÜNNOW's Sphärische Astronomie S. 275)*. Sind λ und λ' die beobachteten Zeitintervalle, so hat man:

$$\begin{aligned}
\sin h &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \\
\sin h' &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos (t + \lambda) \\
\sin h'' &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos (t + \lambda').
\end{aligned}$$

Setzt man also:

$$\begin{aligned}
\cos \varphi \cos \delta \cos t &= x \\
\cos \varphi \cos \delta \sin t &= y \\
\sin \varphi \sin \delta &= z,
\end{aligned}$$

so können hieraus mittelst Division φ, δ und t gefunden werden, wenn x, y und z bekannt sind. Letztere erhält man aber durch einfache Elimination aus den mittelst dieser Substitution verwandelten ursprünglichen Gleichungen:

$$\begin{aligned}
\sin h &= z + x \\
\sin h' &= z + x \cos \lambda - y \sin \lambda \\
\sin h'' &= z + x \cos \lambda' - y \sin \lambda'.
\end{aligned}$$

Ueber den Fall, wo die drei Höhen zu verschiedenen Gestirnen gehören und insbesondere einander gleich sind, s. m. vorzüglich: GAUSS in v. ZACH's Monatl. Corr., Bd. 18, 1808; auch BRÜNNOW Sphär. Astr. S. 276 bis 291.

---

* Ueber die Aufgabe, aus 3 Höhen und den Zwischenzeiten die Breite, Zeit und Declination zu finden, hat man ältere Auflösungen von DAN. BERNOULLI, HERMANN, EULER, MAIER und KRAFFT. Comment. Acad. scient. Petropol. A. 1729—1735.

§. 215. Schlussbemerkung über andere Fälle der Breitenbestimmung.

In ähnlicher Weise, wie durch die Combinirung von Höhen- und Zeit-Messung die Breite bestimmt werden kann, liesse sich offenbar auch durch eine Verbindung von Höhen- und Azimuth-Messungen dieselbe Bestimmung durchführen, da die Winkel hierbei nur von dem Pole nach dem Zenith verlegt werden. Es würde sich z. B. bei dem Douwes'schen Probleme in dieser Hinsicht darum handeln, aus 2 Höhen und der Differenz der Azimuthe die Polhöhe, nebst der Zeit und etwa auch das Azimuth selbst zu bestimmen, wobei der Gang der Auflösung ein ähnlicher würde wie im Vorhergehenden.

Was endlich die Breitenbestimmung durch geodätische Uebertragung betrifft, so wird dabei der Breitenunterschied zweier Oerter ermittelt aus terrestrischen Messungen, indem man dieselben, bei grösserer Entlegenheit von einander, mittelst eines Netzes von Dreiecken in Verbindung bringt. Die so erhaltenen Resultate für den Breitenunterschied zweier Oerter haben zuweilen Abweichungen von dem Ergebniss der astronomischen Beobachtungen gezeigt, deren Ursprung sich mit Wahrscheinlichkeit zurückführen liess auf eine locale Ablenkung der Richtung der Schwerkraft, wegen der ungleichmässigen Vertheilung der anziehenden Massen, sowohl auf der Oberfläche der Erde als unter derselben. Die Richtung der Schwerkraft allein bestimmt aber den Zenithpunkt bei allen astronomischen Beobachtungen, und eine daraus bestimmte geographische Breite kann immer nur der Winkel zwischen der localen Richtung der Schwerkraft und der Ebene des Aequators sein. Kommen also bei zwei verglichenen Oertern locale Abweichungen vor, sei es durch die Unebenheit des Terrains oder durch unterirdische Massen, so kann der trigonometrisch ausgemessene Breitenunterschied nicht mit den astronomischen Ergebnissen übereinstimmen. Die häufiger, als man sonst vermuthete, vorgekommenen Differenzen dieser Art und ihre Ausgleichungen sind bei der Untersuchung über russische und andere Gradmessungen von dem Generallieutenant T. F. Schubert in neuerer Zeit besonders behandelt worden. (Astr. Nachr. 1861, Bd. 55.) Einen der merkwürdigsten Fälle theilt O. v. Struve mit in den *Memoirs of the royal astronomical Society*, Vol. 32, London 1864, p. 185. Es betrifft die Breitenbestimmung in der Umgegend von Moskau, einer ganz von Bergen freien Gegend, wo nicht nur die observirte Breite der Sternwarte 8″ von der aus den geodätischen Verbindungen erhaltenen abwich, sondern die beobachteten Breiten selbst an Orten, die nur ein Paar Meilen von einander entfernt sind, Differenzen von ± 6″ und darüber zeigen. Die Untersuchungen hierüber werden noch von Prof. Schweizer fortgesetzt. Man fand in dem Bisherigen die Andeutung eines Mangels von (anziehender) Masse längs einer Linie, welche südlich von Moskau sich in der Richtung ONO erstreckt. Hier ist nämlich die Abweichung verschwindend, während sie sich zu beiden Seiten mit entgegengesetzten Zeichen in dem angedeuteten Sinne vergrössert, bis zu einer nicht sehr entfernten Grenzlinie, wo die Störung am grössten wird und jenseits allmählig aufhört.

§. 216. Bestimmung der Zeit aus der Höhe der Sonne oder eines Sterns.

Hierzu dient das sphärische Dreieck, welches von dem Pole, dem Zenith und dem Orte des Gestirns gebildet ist und dessen Seiten als bekannt vorausgesetzt werden. Ist t der gesuchte Winkel am Pole, so wird nach der früheren Bezeichnung

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta}$$

oder, wenn t klein ist, besser aus

$$1 - \cos t = 2 \sin\frac{1}{2} t^2 = 1 - \frac{\sin h - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta} = \frac{\cos(\varphi - \delta) - \sin h}{\cos\varphi \cos\delta},$$

also

$$2 \sin\frac{1}{2} t^2 = \frac{\cos(\varphi - \delta) - \sin h}{\cos\varphi \cos\delta}.$$

Im Allgemeinen wird man zwar, wenigstens auf höheren Breiten, die kleinen Werthe von t, also die Nähe des Meridians zu vermeiden haben, denn die Differenzirung der Grundgleichung in Bezug auf t und h giebt:

$$-\sin t \cdot dt = \frac{\cos h \cdot dh}{\cos\varphi \cos\delta}$$

oder

$$dt = -dh \cdot \frac{\cos h}{\cos\varphi \cos\delta \sin t},$$

so dass ein kleiner Werth von $\sin t$ ein erhebliches Resultat für dt geben kann, wenn nicht etwa $\cos h$ gleichfalls sehr klein, also h nicht weit von 90^0 ist. Uebrigens hat man $\frac{\cos\delta \sin t}{\cos h} = \sin A$, wenn A den Azimuthwinkel des Dreiecks bezeichnet, daher auch

$$dt = \frac{-dh}{\cos\varphi \sin A},$$

welches ein Minimum für $A = 90^0$ ist, so dass im ersten Verticale überhaupt die günstigste Gelegenheit zur Zeitbestimmung sich darbietet. Beiläufig ergiebt sich auch, dass auf höheren Breiten, wegen des $\cos\varphi$ im Nenner, die Zeitbestimmung im Allgemeinen nicht mehr so sicher, wie auf niedrigen Breiten, ausgeführt werden kann.

Beispiel. Vormittags den 28. Juli 1851 beobachtete ich in Kiel auf 54^0 $19'$ N. Breite mit einem Spiegelsextanten von Oertling die doppelte Höhe des untern Sonnenrandes $= 65^0\ 37'\ 0''$, als eine Pendeluhr von Nieberg $8^h\ 7^m\ 3^s$ zeigte. Der Collimationsfehler war $= 0$, die Refraction $1'\ 28''$, der Halbmesser der Sonne $15'\ 46''$ und ihre Declination $19^0\ 7'\ 56''$. Hiernach ergab sich $t = 3^h\ 58^m\ 16^s{,}3$, daher die wahre Zeit in Kiel $= 8^h\ 1^m\ 43^s{,}7$ und mit der Zeitgleichung, welche $6^m\ 11^s{,}2$ zu addiren war, wurde die mittlere Zeit $8^h\ 7^m$ $54^s{,}9$, mithin die Pendeluhr $51^s{,}9$ zurück gegen mittlere Kieler Zeit gefunden.

Ist statt der Sonne ein Stern für die Zeitbestimmung beobachtet, so ergiebt sich zunächst der Stundenwinkel $= t$ wie vorher; dann die mittlere Zeit des Beobachtungsortes $= t + \alpha - S$, wo α die Rectascension des Sterns, S die mittlere Rectascension der Sonne bezeichnet, und t negativ wird, wenn der Stern östlich vom Meridian ist, falls man es dann nicht vorzieht, das berechnete t von 24 Stunden zu subtrahiren.

Beispiel 1. Am 31. October 1850 beobachtete ich in Kiel mit einem Sextanten von Filby die doppelte Höhe des Sterns Wega (*a Lyrae*) $= 31°\ 38'\ 0''$, als die Pendeluhr $11^h\ 57^m\ 7^s$ zeigte. Collimationsfehler $= 0$, Refraction $3'\ 1''$, die Declination des Sterns war $= 38°\ 38'\ 45''$ N., die Rectascension $18^h\ 31^m\ 53''$. Hieraus ergab sich der westliche Stundenwinkel $t = 8^h\ 4^m\ 32^s$ und da die wahre Rectascension der Sonne $= 14^h\ 23^m\ 18^s$, so wurde zunächst die wahre Zeit des Ortes $= 12^h\ 13^m\ 7^s$ und davon die Zeitgleichung $= 16^m\ 15^s$ abgezogen, blieb $11^h\ 56^m\ 52^s$ als mittlere Ortszeit übrig, mithin war die Uhr 15^s voraus gegen diese mittlere Ortszeit.

Beispiel 2. Am 14. Juli 1837 wurde* zu Alexandria, einem Dorfe am Kaukasus, dessen Breite $44°\ 13'\ 40''$ und östliche Länge von Greenwich $2^h\ 53^m\ 25^s$ ist, die Zenithdistanz des Sterns Arcturus am Verticalkreise eines Theodoliten $= 58°\ 41'\ 33''$ in der Nähe des Durchgangs durch den ersten Vertical im Westen beobachtet. Die Refraction betrug $1'\ 30''$, die Declination des Sterns $20°\ 2'\ 0''$ N. und die Rectascension desselben $14^h\ 8^m\ 15^s,2$, ferner die mittlere Rectascension der Sonne $7^h\ 29^m\ 54^s,4$. Demnach fand sich der Stundenwinkel des Sterns $t = 4^h\ 21^m\ 34^s,4$ und damit die mittlere Ortszeit $10^h\ 59^m\ 55^s,2$. Ein Chronometer, welches zu derselben Zeit $10^h\ 40^m\ 35^s,7$ gezeigt hatte, war daher $19^m\ 20^s,5$ zurück gegen die mittlere Ortszeit.

Eine zweckmässig gewählte zweite Beobachtung eines andern Sterns, ebenfalls im ersten Vertical, aber im Osten, nämlich des Sterns α Aquilae, ergab für den Uhrfehler $19^m\ 21^s,0$ folglich das Mittel aus beiden Bestimmungen $19^m\ 20^s,7$. Dasselbe Resultat würde im Mittel offenbar auch mit einer fehlerhaften Höhe zu beiden Seiten des Meridians erreicht worden sein, wenn der Fehler auf beiden Seiten gleich, also der Stundenwinkel z. B. beide mal zu gross geworden wäre, so dass das Mittel aus beiden Beobachtungen wieder auf dieselbe Lage des Meridians geführt hätte. Es ergiebt sich hieraus wieder, wie sehr es überhaupt auf eine zweckmässige Anordnung der Beobachtungen wesentlich ankommt, um die etwa unvermeidlichen Fehler sich gegen einander aufheben zu lassen.

§. 217. Zeitbestimmung durch correspondirende Höhen.

Hat man zwei genau gleiche Höhen eines und desselben Fixsterns auf verschiedenen Seiten des Meridians beobachtet, so ist für die Zeitbestimmung die Kenntniss der Höhe selbst offenbar überflüssig, da das Mittel aus den beiden Beobachtungszeiten die Uhrzeit der Culmination giebt. Der Werth dieser Methode der gleichen (correspondirenden) Höhen besteht also darin, dass die etwaigen Fehler der Höhenmessung ganz herausgehen und nur die Versicherung nöthig

* Abriss der praktischen Astronomie von Prof. Sawitsch, deutsch von Dr. Götze, Hamburg 1850, Bd. I, S. 282.

ist, dass beide mal die Höhen genau einander gleich waren. Bei der Sonne ist noch die Aenderung der Declination in der Zwischenzeit zu berücksichtigen, welches durch die Differenzirung der Grundgleichung geschehen kann:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

giebt differenzirt nach δ und t:

$$0 = \sin \varphi \cos \delta\, d\delta - \cos \varphi \sin \delta \cos t\, d\delta - \cos \varphi \cos \delta \sin t \cdot dt$$

und mit $\cos \varphi \cos \delta$ dividirt:

$$0 = \operatorname{tg} \varphi \cdot d\delta - \operatorname{tg} \delta \cos t\, \delta\, d - \sin t \cdot t\, d,$$

folglich

$$dt = d\delta \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin t} - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} t}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1).$$

Um so viel vergrössert sich demnach der Stundenwinkel, wenn δ sich um $d\delta$ vergrössert, d. h. wenn die Sonne sich dem nördlichen Pole nähert (sich in den aufsteigenden Zeichen befindet). Sind daher T_1 und T_2 die Uhrzeiten der Beobachtung, und ist T_0 die Uhrzeit des wahren Mittags, so ist

$T_0 - t = T_1$, wenn t der mit der ersten Declination berechnete Stundenwinkel ist,

$T_0 + t + dt = T_2$, wenn dt die wegen der Aenderung der Declination von der ersten zur zweiten Zeit erforderliche Correction bezeichnet, mithin $\frac{1}{2}\,dt$ die entsprechende Correction in der halben verflossenen Zeit.

Die Addition der beiden letzten Gleichungen giebt

$$2\,T_0 + dt = T_1 + T^2,$$

daher

$$T_0 = \frac{1}{2}(T_1 + T_2) - \frac{1}{2}\,dt \quad \ldots\ldots \quad 2)$$

oder die beiden Ausdrücke 1) und 2) zusammengefasst:

$$T_0 = \frac{1}{2}(T_1 + T_2) - \frac{1}{2}\,d\delta \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin t} - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} t}\right).$$

Dabei pflegt nun $\frac{1}{2}(T_1 + T_2)$ der unverbesserte Mittag und das Uebrige die Mittagsverbesserung genannt zu werdeu. Ersteres ist offenbar die Zeit nach der Uhr, wo die Sonne sich in dem Stundenkreise befindet, welcher die Summe der beiden Stundenwinkel halbirt, und letzteres oder die Mittagsverbesserung ist der halbe Unterschied der beiden Stundenwinkel, und zwar (nach der Division mit 15) gemessen nach wahrer Sonnenzeit. Ist demnach die Grösse $\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin t} - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} t}$ positiv und $d\delta$ auch positiv, so ist von der halben Summe der

Uhrzeiten etwas abzuziehen, um die Uhrzeit des wahren Mittags zu erhalten. Die Werthe von $\sin t$ und $\operatorname{tg} t$ werden sich hinreichend genau unmittelbar entnehmen lassen, wenn die Uhr nach mittlerer Zeit regulirt ist. Strenge genommen sollte freilich, statt des halben Zeitintervalles in mittlerer Zeit, t der wahre Stundenwinkel der Sonne sein, also das Zeitintervall nach der Uhr verbessert werden durch die Abweichung der täglichen Aenderung der Sonnenrectascension von ihrem mittleren Werthe; doch ist der Einfluss dieses Unterschiedes zu geringe. Andererseits könnte ein sehr beträchtlicher Gang der Uhr Veranlassung zu einer Verbesserung geben, hauptsächlich wegen der Aenderung der Declination, dann auch wegen der Aenderung von $\sin t$ und $\operatorname{tg} t$. Eben so wenn z. B. die Uhr nach Sternzeit ginge, so würde der Zeitunterschied zu gross sein, um $\frac{3^m\, 56^s{,}55}{24^h}$ oder um $\frac{1}{365{,}25}$, mithin auch $d\delta$ zu gross, daher die berechnete Mittagsverbesserung oder der Werth $\frac{1}{2}\, d\delta \left(\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\sin t} - \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg} t}\right)$ um $\frac{1}{365{,}25}$ zu vermindern sein, und ferner würden sich die Bruchwerthe $\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\sin t}$ und $\frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg} t}$ aus der Verminderung von t wieder etwas vergrössern. Man vergl. das folgende Beispiel aus BOHNENBERGER's Anleitung zur geogr. Ortsbestimmung. Göttingen 1795, Seite 175.

Beispiel 1. Am 27. März 1794 beobachtete BOHNENBERGER auf der Sternwarte in Göttingen eine doppelte Höhe des oberen Sonnenrandes zu folgenden Zeiten nach der SHELTON'schen Uhr: Vormittags $T_1 = 20^h\, 46^m\, 9^s{,}0$ und Nachmittags $T_2 = 4^h\, 16^m\, 4^s{,}0$. Die Breite des Beobachtungsortes ist $51^\circ\, 31'\, 54''$ und die Declination der Sonne um Mittag in Berlin nach dem astron. Jahrb. $= 2^\circ\, 47'\, 5''$. Die tägliche Aenderung der Declination von 26. zum 27. beträgt $23'\, 27''$, vom 27. zum 28. aber $23'\, 25''$, also im Mittel $23'\, 26''$, daher die Veränderung in $7^1/_2$ Stunden oder $d\delta = 439'',3$ und nach der Division mit 2 und mit 15 zur Verwandlung in Zeitsecunden $\frac{1}{2}\, d\delta = 14^s{,}6433$. Die halbe Zwischenzeit $t = \frac{7^h\, 29^m\, 55^s}{2} = 3^h\, 44^m\, 57^s{,}5 = 56^\circ\, 14'\, 22''$. Die Uhrzeit im wahren Mittage wurde demnach $= 0^h\, 31^m\, 6^s{,}5 - 22^s{,}168 + 0^s{,}476 = 0^h\, 31^m\, 6^s{,}5 - 21^s{,}692 = 0^h\, 30^m\, 44^s{,}8$; oder die Uhr war $30^m\, 44^s{,}8$ voraus gegen wahre Zeit in Göttingen.

Die Uhr war übrigens nach Sternzeit regulirt, mithin der angewandte Werth von t und damit auch $d\delta$ etwas zu gross, und zwar in dem Verhältniss $24^h\, 3^m\, 56^s{,}55$ zu 24^h oder wie $366{,}25 : 365{,}25 = 1 + \frac{1}{365{,}25}$. Die berechnete Mittagsverbesserung $21^s{,}692$ ist also um $\frac{1}{365{,}25} = 0^s{,}059$ zu vermindern und wird demnach $= 21^s{,}633$.

Berücksichtigt man ferner noch den Einfluss der Verwandlung von t auf $\sin t$ und $\operatorname{tang} t$, indem $t = 3^h\, 44^m\, 57^s{,}5$ Sternzeit und dafür $3^h\, 44^m\, 20^s{,}6$ mittlere Zeit zu setzen ist, so wird die Mittagsverbesserung $= -22^s{,}143 + 0{,}477 = -21^s{,}666$. Dasselbe Resultat würde man natürlich auch durch die

einzelne Berechnung der beiden Stundenwinkel, nur mühsamer, erhalten, wenn nämlich die Declination zur Zeit der ersten Beobachtung $= 2^{\circ}\ 43'\ 25'',96$ und zur Zeit der zweiten Beobachtung $= 2^{\circ}\ 50'\ 44'',04$, so wie die wahre Höhe $h = 22^{\circ}\ 37'$ und die Breite $\varphi = 51^{\circ}\ 31'\ 54''$ jedesmal angewandt wird. Es ergiebt sich damit der Stundenwinkel Vormittags $t = 3^{h}\ 44^{m}\ 3^{s},060$ und Nachmittags $t = 3^{h}\ 44^{m}\ 46^{s},393$, oder der Uhrfehler Vormittags $= 31^{m}\ 17^{s},607$ und Nachmittags $= 30^{m}\ 12^{s},060$, also im Mittel $= 30^{m}\ 44^{s},8335$ entsprechend der Mittagsverbesserung $21^{s},666$ wie vorhin. Eben so gross ist auch der halbe Unterschied der beiden Stundenwinkel, worauf die Mittagsverbesserung hinauskommt.

Endlich erfordert die Anwendung dieser Correction ($-21^{s},666$), weil sie in wahrer Zeit ausgedrückt ist, die Uhr aber nach Sternzeit geht, noch eine Verwandlung durch die Multiplication mit $\frac{366,25}{365,25} = 1 + \frac{1}{365,25}$, mithin jetzt eine Vergrösserung $= 0^{s},059$, wodurch der an das Mittel der Uhrzeiten anzubringende definitive Werth der Mittagsverbesserung $= -21^{s},725$ wird *.

Die Verbesserung für die Veränderung der Declination wegen der Sternzeit wird also durch die schliessliche Verbesserung zur Reduction der wahren Zeit auf Sternzeit völlig aufgehoben und demnach beide überflüssig. Es wäre daher genügend gewesen, die Correction wegen $\sin t$ und $\operatorname{tg} t$ allein zu berücksichtigen.

Strenge genommen wäre freilich noch die Berücksichtigung der Aenderung der Rectascension der Sonne erforderlich, in so fern ihre tägliche Aenderung von dem mittleren Werthe $3'\ 56'',55$ abweicht. Diese Aenderung war am 29. März $3'\ 38'',0$, aber es ist ersichtlich, dass das Verhältniss von $24^{h}\ 3^{m}\ 56^{s},55$ zu $24^{h}\ 3^{m}\ 38^{s},0$ zu wenig von der Einheit verschieden ist, um hier in Betracht zu kommen.

Beispiel 2. Am 13. November 1821 wurden von FRANCOEUR zu Paris zwei gleiche Höhen der Sonne beobachtet, als die Zeitangaben der Uhr waren: $T_1 = 8^{h}\ 44^{m}\ 6^{s},0$ und $T_2 = 15^{h}\ 17^{m}\ 54^{s}$. Die Höhe selbst ist nicht angegeben und auch für die Zeitbestimmung nicht nöthig. Die Declination $\delta = -17^{\circ}\ 58'$. Die Breite $\varphi = 48^{\circ}\ 50'$. Die Aenderung der Declination in 24^{h} betrug $-15'\ 50''$, also $d\delta = -\frac{259'',8}{15} = 17^{s},32$ in $6^{h}\ 34^{m}$. Hieraus folgt $\frac{1}{2}(T_1 + T_2) = 12^{h}\ 1^{m}\ 0^{s}$ und die Mittagsverbesserung $= (+1,510 + 0,279) \cdot \frac{1}{2} d\delta$

---

* BOHNENBERGER (S. 178) findet $21^{s},751$ für den schliesslichen Werth der Mittagsverbesserung statt $21^{s},725$, weil bei ihm die Werthe von $\sin t$ und $\tan t$ nicht verbessert sind (diese Verbesserung ergiebt $0^{s},033$) und nur die letzte Correction $0^{s},059$ zur Vergrösserung des zuerst gefundenen Resultats ($21^{s},692$) angewandt ist, um das gefundene Intervall wahrer Zeit auf ein Intervall Sternzeit zu reduciren. Nach dem Obigen wurde diese letzte Correction compensirt durch die gleichfalls erforderliche Verbesserung von $d\delta$, welche nach mittlerer Zeit statt nach Sternzeit zu berechnen war, da die gegebene tägliche Aenderung der Declination sich auf 24^{h} mittlere Zeit bezog. — Die gewöhnliche Regel, den Gang der Uhr hier zu berücksichtigen (wenn diese z. B. nach Sternzeit geht, durch Multiplication des Resultats mit $\frac{366}{365}$), ist übrigens nicht unvollständig, wenn nur das t bei der Berechnung der Mittagsverbesserung in wahrer Zeit gemessen und dafür also nicht schlechtweg der halbe Unterschied genommen wird (wie es bei BOHNENBERGER in dem berechneten Beispiele geschehen ist). Da aber dann eine Compensation der beiden Correctionen stattfindet, so wird es am einfachsten, die Verbesserung für den Gang der Uhr lediglich auf die Werthe von $\sin t$ und $\operatorname{tg} t$ zu beschränken.

$= + 15^s{,}49$, folglich die Uhrzeit im wahren Mittage $= 12^h\,1^m\,15^s{,}49$ oder die Uhr $1^m\,15^s{,}49$ voraus gegen wahre Pariser Zeit.

Zur Erleichterung der Rechnung, namentlich für eine Gruppe von Beobachtungen der correspondirenden Höhen hat man verschiedene Hülfstafeln, besonders von GAUSS in v. ZACH's Monatl. Corr. Bd. 23, Gotha 1811, p. 404—409, wo sie nach der erweiterten Berechnung von GERLING bis zu $t = 6^h$ von Minute zu Minute die einzelnen Theile der Formel für die Mittagsverbesserung $\frac{1}{2}\,d\delta\left(\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\sin t} - \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg} t}\right)$ leicht zu finden dienen. Die Berliner Ephemeriden geben im Anschluss an diese Hülfstafeln, die auch in die SCHUMACHER'sche Sammlung übergegangen sind, die 48stündige Aenderung der Declination der Sonne, in Secunden ausgedrückt, vom Mittage des vorhergehenden bis zum Mittage des folgenden Tages, oder vielmehr den Logarithmus davon, unter der Bezeichnung log. μ. Die Tafeln von GAUSS enthalten mit dem Argumente t als halb-verflossene Zeit (gemessen nach wahrer Zeit) $\log A = \log \frac{t}{720 \sin t}$ und $\log B = \log \frac{t}{720 \operatorname{tg} t}$, wo 720 durch die Multiplication aus $48 \cdot 15$ entsteht. Die Mittagsverbesserung selbst wird damit

$$- A\mu \operatorname{tg}\varphi + B\mu \operatorname{tg}\delta.$$

§. 218. Andere Arten der Zeitbestimmung.

Da die Zeit durch den Stundenwinkel gegeben ist, und zwar unmittelbar die wahre Sonnenzeit, wenn das beobachtete Gestirn die Sonne war, oder durch Reduction auf wahre oder mittlere Zeit, wenn ein anderes Gestirn beobachtet ist, so folgt, dass in allen Fällen, welche (§. 209) für die Breitenbestimmung angegeben sind, zugleich auch die Zeit, wenn sie nicht schon als bekannte Grösse verwandt wurde, mit bestimmt werden kann. Hat man z. B. das DOUWES'sche Problem oder die Bestimmung der Breite durch zwei Höhen aufgelöst, so ist der dabei gefundene Stundenwinkel die wahre Zeit der Beobachtung der grössten Höhe, denn die Formel giebt den Werth der halben Summe der Zeitwinkel oder $\frac{1}{2}(t' + t)$, während nach der Uhr die halbe Differenz oder $\frac{1}{2}(t' - t)$ bekannt ist, so dass durch die Subtraction t oder der Stundenwinkel zur Zeit der grössten Höhe ebenfalls bekannt wird.

Für den Zweck der Prüfung des blossen regelmässigen Ganges einer Uhr kann man sich auch einer Beobachtungsart ohne alle Messinstrumente bedienen, indem man den Augenblick des Verschwindens eines Fixsterns hinter einem hinreichend entfernten und nicht allzuniedrigen irdischen Gegenstande beobachtet, wobei die Gesichtslinie mittelst eines fest aufgestellten Fernrohrs als unveränderlich angesehen wird. Es müssen also, wenn die Uhr regelmässig nach Sternzeit gehen soll, genau 24 Stunden zwischen zwei solchen auf einander folgenden Verschwindungsmomenten verfliessen, oder für eine nach mittlerer Zeit zu regulirende Uhr $23^h\,56^m\,4^s{,}09$, indem dies die Dauer eines Sterntages in mittlerer Zeit ausdrückt.

Hat man sich noch das Azimuth eines solchen verticalen Gegenstandes verschafft, so lässt sich auch aus diesem Azimuth nebst der Breite und der Declination des Gestirns die Zeit des Verschwindens berechnen, mithin der Stand der Uhr ebenfalls finden. Olbers bediente sich hierzu mit Erfolg einer senkrechten Thurmmauer (v. Zach's Mon. Corr., Bd. 3. Brünnow Sphär. Astr. p. 298).

Zu den ältesten Methoden der Zeitbestimmungen gehören die Beobachtungen der Auf- und Untergänge der Gestirne. Diese Beobachtung ist die einfachste, da sie gar keine Instrumente erfordert, indess ist die Strahlenbrechung am Horizonte mit ihrer Veränderlichkeit der Genauigkeit hinderlich. Ohne Rücksicht auf die Strahlenbrechung könnte man auch die Rechnung sehr vereinfachen, da die Höhe $= 0$ zu setzen wäre.

Als primitive Hülfsmittel, um die Grenzen der Jahreszeiten zu erkennen, und zwar ohne instrumentale Messungen, dienten im Alterthume die sichtbaren Aufgänge oder Untergänge der Gestirne, und zwar zunächst ihr erstes Sichtbarwerden vor Sonnenaufgang, also im Osten: der heliakische oder Frühaufgang (*ortus matutinus heliacus*). In dieser Hinsicht waren die hellsten Fixsterne, wie Sirius, Arcturus und andere, ferner ausgezeichnete Sterngruppen, besonders die Plejaden, zu bemerken, von denen schon bei Hesiod angeführt wird, dass der Frühaufgang der Plejaden die Zeit des Beginns der Ernte bezeichne. Vorzüglich merkwürdig war das erste Erscheinen des Sirius in der Morgendämmerung, welches den Eintritt der heissen Jahreszeit ankündigte. Ebenso konnten die Untergänge der Gestirne dienen, nämlich der letzte sichtbare Untergang eines Gestirns in der Abenddämmerung, der Abenduntergang (*occasus vespertinus heliacus*) oder wegen des Anbruchs der Nacht auch *occasus acronychus* genannt. Als Gegensatz zum letztern wird auch die Erscheinung beim Anbruch des Tages mit *cosmicus* bezeichnet. Die Benennung *heliacus* soll in beiden Fällen nur das Hervortreten aus der Dämmerung, sei es am Morgen oder am Abend, anzeigen.

Um durch Rechnung die Zeit der heliakischen Auf- und Untergänge zu finden, ist der erfahrungsmässig festgestellte Dämmerungsbogen zu benutzen, d. h. der gleichzeitige Abstand der Sonne vom Horizonte, also da die Sonne dann unter dem Horizonte ist, die Depression derselben. Man nahm bei Sternen erster Grösse 12 Grad als Dämmerungsbogen an, für Sterne zweiter Grösse 1 Grad weniger u. s. w., bis für die letzten sichtbaren Sterne (7. Grösse) 18°, mithin der Eintritt der völligen Dunkelheit erforderlich war. Für den hellsten Fixstern, Sirius, nahm Bouris in Athen indess nur 10° als Dämmerungsbogen nach Lalande an und fand auch diese Zahl noch etwas zu gross (Astr. Nachr. N. 882). Es findet demnach gegenwärtig z. B. der heliakische Aufgang des Sirius für Athen am 12. August statt, das gleichzeitige Aufgehen dieses Sterns mit der Sonne dagegen schon am 1. August. Bode hat im Anhange zu einem Auszuge aus Ptolemaeus' Beschreibung der Gestirne (Berlin 1795, S. 259) eine recht vollständige Tafel berechnet für die Auf- und Untergänge der vorzüglichsten Gestirne, welche für das Jahr 63 nach Chr. Geb. und für die Beob-

achtungsörter Rom und Alexandrien gelten *. Der heliakische Aufgang des Sirius findet sich für Rom damals am 1. Aug., für Alexandrien am 21. Juli. Das Siebengestirn (die Plejaden) wurde am 5. April, in der Abenddämmerung unsichtbar in Rom und nahe um dieselbe Zeit, d. 6. April für Alexandrien. Es wurde aber in Rom in der Morgendämmerung sichtbar am 4. Juni und in Alexandrien am 19. Mai. Durch die Präcession der Nachtgleichen muss nach Verlauf von grossen Zeiträumen eine merkliche Aenderung in diesen Beziehungen der Jahreszeiten zu dem Stande der Gestirne eintreten und es lässt sich daher auch wenigstens angenähert immer die Zeit, hier die Jahreszeit und das Zeitalter bestimmen, wenn die Erscheinung gegeben ist.

Zur Bestimmung der Tageszeiten dienten schon im Alterthume die nach und nach vervollkommneten Sonnenuhren. Die Construction der Sonnenuhren beruht in den meisten Fällen darauf, dass der Zeiger (Gnomon oder Stylus) parallel zur Umdrehungsaxe der Erde sei, damit bei der wechselnden Declination der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten die Ebene oder Richtung des Schattens für eine und dieselbe Tagesstunde unverändert bleibe. Bei der Uebertragung einer solchen Sonnenuhr von einem Orte der Erde zum andern ist wegen des Parallelismus der Sonnenstrahlen für beide Oerter nur erforderlich, die Uhr genau so wieder aufzustellen, dass der Schattenstift oder Zeiger parallel zur Erdaxe stehe und der Meridian der Uhr mit dem Meridian des Ortes zusammenfalle, wobei das Zifferblatt an den beiden Oertern von verschiedener Polhöhe freilich eine verschiedene Neigung gegen den Horizont haben wird. Die Fläche, auf welcher die Stundenlinien gezogen sind, um durch die Richtung des Schattens des Zeigers die Zeit zu bestimmen, ist am einfachsten und gewöhnlichsten eine Ebene. Die Winkel der Stundenlinien gegen einander werden aber nur dann von gleicher Grösse (15 Grade) sein dürfen, wenn die eingetheilte Ebene senkrecht zum Zeiger, also parallel mit dem Aequator oder der Aequinoctiallinie ist (Aequinoctial-Sonnenuhr). Diese Sonnenuhr ist daher, wegen der Gleichheit der Winkel, am leichtesten zu construiren, obwohl man schwerlich zuerst auf eine solche Uhr gekommen ist. Eine gerade entgegengesetzte Lage hat die s. g. Polaruhr. Bei dieser soll die einzutheilende Ebene mit dem Sechsuhrkreise zusammenfallen, also parallel zur Erdaxe und senkrecht zum Meridian stehen. Der Zeiger wird in diesem Falle senkrecht zur Erdaxe, die Stundenlinien werden einander parallel und ihre Abstände von einander sind den Tangenten der Stundenwinkel proportional, wobei die Stundenlinie für 3 Uhr Nachmittags und 9 Uhr Vormittags einen Abstand von der Mitte, also vom Zeiger erhält, welcher wegen $\tang 45 = 1$ der Höhe des Zeigers gleich ist. Gewöhnlicher wird die eingetheilte Ebene als horizontal vorausgesetzt (Horizontal-Sonnenuhr). Bei dieser werden die Stundenlinien ungleiche Winkel bilden müssen. Jeder Stundenwinkel (t) ergiebt sich hierbei nach seiner horizontalen Projection (x) aus der Polhöhe (φ) vermöge der Formel aus dem sphärischen Dreiecke, wonach $\tang x = \sin \varphi \cdot \tang t$ ist. Wenn ferner die durch

* Es sind daselbst auch die Zeiten des Aufgangs der Gestirne bei Sonnenuntergang angegeben, also des *Ortus acronychus*. Ueber dessen Bedeutung im Alterthume, namentlich bei dem ägyptischen Thierkreise, s. m. vorzüglich KLÜGEL im Berl. Astron. Jahrb. f. 1806, S. 232.

die Stundenlinie eingetheilte Ebene vertical ist (Vertical-Sonnenuhr) und diese Ebene zugleich senkrecht zur Mittagslinie steht, so verwandelt sich die vorhergehende Formel in $\tang x = \cos \varphi \tang t$, wo x jetzt die verticale Projection des Stundenwinkels bezeichnet. Wenn dagegen die eingetheilte Ebene nicht senkrecht zur Mittagslinie, sondern etwa eine Mauer ist, deren Azimuth $= A$ sei, so hat man in einem schiefwinkligen sphärischen Dreiecke das Complement der Polhöhe oder $90^0 - \varphi$ als eine Seite, t als anliegenden Stundenwinkel, A den ebenfalls anliegenden Azimuthwinkel, und x die dem Stundenwinkel gegenüberliegende Seite oder die gesuchte verticale Projection des Stundenwinkels; daher nach einer Grundformel der sphärischen Trigonometrie:

$$\sin \varphi \cos A = \cotg x \cos \varphi - \sin A \cotg t,$$

folglich

$$\cotg x = \tg \varphi \cos A + \frac{\cotg t \sin A}{\cos \varphi}.$$

Ist endlich die Lage des Zifferblatts weder mit dem Aequator parallel, oder darauf senkrecht, noch horizontal oder vertical, auch keine Ebene, sondern eine krumme Fläche, so würde wohl am bequemsten durch Versuche die Theilung für die Stundenlinien zu bewerkstelligen sein. Der Zeiger bliebe natürlich parallel zur Erdaxe und die Schattenlinien könnten mittelst einer andern Sonnenuhr oder einer nach wahrer Zeit gestellten gewöhnlichen Uhr ausgezogen werden. Schon im Alterthume finden sich Sonnenuhren auf krummen Flächen verzeichnet. Montucla giebt in seiner Histoire des Math., Bd. 1, p. 90, die Abbildung einer im J. 1755 zu Portici ausgegrabenen Sonnenuhr, welche die Form eines Schinkens hat und mit einem Ringe am Fusstheile zum Aufhängen versehen ist. Als Stylos oder Gnomon diente das Schwänzchen, dessen Schattenende also die Stunden anzugeben bestimmt war.

Da die Sonnenuhren unmittelbar die wahre Sonnenzeit angeben, so hat man zur Berücksichtigung der mittleren Zeit auch mitunter eine weitere Angabe hinzugefügt, nämlich den Ort für den Endpunkt des Schattens im Augenblicke des mittleren Mittags. Dieser geometrische Ort der Schattenspitze nimmt im Laufe des Jahres die Gestalt einer schleifenförmigen Curve an, welche von der Mittagslinie in zwei etwas ungleiche Theile zerlegt wird. Die grössten Abweichungen von der Mittagslinie entsprechen nämlich den Maximis der Zeitgleichung, und zwar auf der Westseite in den Monaten Februar ($14^m 35^s$) und Juli ($6^m 4^s$), auf der Ostseite in den Monaten Mai ($3^m 54^s$) und November ($16^m 6^s$), während die Durchschnittspunkte der Curve mit der Mittagslinie sich auf diejenigen Tage beziehen, wo die Zeitgleichung Null ist, nämlich am 15. April und 31. August (hier fallen wegen der beinahe gleichen Declination zwei Durchschnittspunkte zusammen), ferner am 16. Juni und am 24. December. Die beiden letzten geben die äussersten südlichen und nördlichen Punkte der Curve.

Ueber die Sonnenuhren vergl. man besonders:

Das 8. Buch von Vitruv's Architectura (Neue Ausgabe von Dr. C. Lorenzen)
De la Hire, *Gnomonique*, Paris 1682.
G. N. Martini, Abh. von den Sonnenuhren der Alten, Leipzig 1777.

MATZKA, Einige Gedanken über Sonnenuhren, Astr. Nachr., Bd. 23. 1846.
F. WÖPCKE, Disquisitiones archaeologico-mathematicae circa Solaria veterum. Berolini 1847 (die Jahreszahl 1842 auf dem Titel ist verdruckt).
A. STEINHAUSER, Grundzüge der mathem. Geographie. 2. Ausg. Wien 1864.

§. 219. Uebersicht der verschiedenen Methoden der Längenbestimmung.

Bei allen Bestimmungen der geographischen Länge hat man, falls es nicht durch geodätische Uebertragung geschieht, nur das Hülfsmittel, den Mittagsunterschied oder Zeitunterschied in irgend einer Weise aufzusuchen. Es bieten sich hierzu drei verschiedene Verfahrungsarten dar. Entweder ist eine für alle Oerter gleichzeitig stattfindende Erscheinung zu beobachten, wobei es keiner Reduction bedarf, indem die Erscheinung von der Lage des Beobachtungsortes unabhängig ist, z. B. eine Mondfinsterniss und ähnliche Ereignisse, wozu auch die terrestrischen Signale aller Art gehören; oder es ist die Erscheinung von der Lage des Beobachtungsortes abhängig, so dass sie nicht gleichzeitig an verschiedenen Oertern in derselben Weise gesehen wird, wie z. B. die Sonnenfinsternisse oder die gemessenen Unterschiede der Stellung des Mondes zu andern Gestirnen. In diesem Falle ist erst eine Reduction erforderlich auf einen allgemeinen, wenn auch ideellen Standpunkt, wozu man den Mittelpunkt der Erde wählt, um aus der Beobachtung das entsprechende absolute Zeitmoment für die Vergleichung zu erhalten und daraus auf den Längenunterschied schliessen zu können. Endlich hat man drittens noch die Methode der transportabeln Uhren (Chronometer), wodurch eine Zeitübertragung des einen Ortes für die Vergleichung mit der Zeit des andern Ortes möglich wird.

Das Ergebniss ist in allen Fällen dann der Längenunterschied, in Zeit ausgedrückt, welcher durch Multiplication mit 15 in Grade und Theile von Graden verwandelt werden kann, da 360 Grade des Erdäquators den 24 Stunden entsprechen, in welchen eine Erdumdrehung vollendet wird, sei es nun, dass man diese Umdrehung auf die Fixsterne bezieht, also 24 Stunden Sternzeit rechnet, oder auf die mittlere Bewegung der Sonne und daher auch 24 Stunden mittlere Zeit mit den 360 Graden übereinstimmen lassen muss. Zwei Oerter demnach, deren Meridiane um 15 Grade gegen einander geneigt sind, werden in ihrer Zeitrechnung sowohl um 1 Stunde Sternzeit, als auch um eine Stunde mittlerer Zeit von einander abweichen, und zwar wird der östlicher gelegene Ort um eine Stunde voraus sein, da die mittlere Sonne den Meridian dieses Ortes um eine Stunde mittlere Zeit früher erreicht, und eben so muss ein Fixstern um eine Stunde Sternzeit früher culminiren, als an dem andern Orte.

Für die Zählung der Längen auf der Erde bietet die Natur nicht, wie bei der ekliptischen Länge an der Himmelskugel, einen vorzugsweise geeigneten Ausgangspunkt. Die Annahme eines ersten Meridians wird daher immer eine conventionelle sein. Man zählte in älterer Zeit von den bekannten westlichsten Gegenden, aber mit den fortschreitenden geographischen Entdeckungen musste die Beibehaltung dieses Princips zu vielen neuen Veränderungen führen. So finden sich auch ausser dem ältesten ersten Meridiane, welcher schon vor

Ptolemaeus von Marinus aus Tyrus angenommen wurde, nämlich demjenigen, welcher durch die Inseln geht, welche man *Fortunatae* (jetzt die Canarischen Inseln) nannte, im Laufe der Zeit andere erste Meridiane angewandt, namentlich durch die Azorischen Inseln (von Janson und Blaeu) und durch die Capverdischen Inseln. Von den Canarischen Inseln selbst wurden wieder verschiedene gewählt, theils die westlichste Insel Ferro, theils die Insel Teneriffa, deren Berg Pico eine bei den Niederländern unter dem Namen Pico-Länge (19° West von Paris) lange gebräuchliche Zählung abgab, während die Spanier gewöhnlich von Cadix als erstem Meridian rechneten.

Die jetzt gebräuchlichsten Längenzählungen sind 1. auf den deutschen Landkarten von Ferro ostwärts bis 360°, worunter jedoch nicht eben die Insel Ferro verstanden wird, sondern ein etwas östlicher gelegener Meridian, genau 20° Grad westlich von der Pariser Sternwarte, nach dem Vorschlage des Geographen de l'Isle, welcher auch von der Berliner Akademie d. W. angenommen wurde; 2. von der Sternwarte zu Paris; 3. von der Sternwarte zu Greenwich bei London 2° 20′ 9″ westlich von Paris. Letzteres ist für die Seekarten am allgemeinsten geworden, besonders auch wegen der guten nautischen Ephemeriden, die in England für den Meridian dieser Königl. Sternwarte seit dem J. 1767 berechnet werden. Man zählt dabei nur bis 180° östlich oder westlich, um die grössern Zahlen zu vermeiden, welche durch die Zählung bis 360° entstehen.

Am häufigsten wird eine Art der Längenbestimmung durch geodätische Uebertragung auf dem Meere angewandt. Hierbei sind die Breite und Länge des einen Ortes nebst der Richtung und Entfernung von einem andern Orte die gegebenen Grössen. Da die Richtung oder der Curs durch den Winkel gegeben ist, welchen die fortschreitende Bewegung mit dem Meridiane bildet, so wird bei unverändertem Curse im Allgemeinen eine krumme Linie, die loxodromische Linie, beschrieben, mit Ausnahme der beiden Fälle, wo die Richtung mit dem Meridiane oder mit einem Breitenparallele zusammenfällt. In dem ersten Falle wird die Länge gar nicht verändert, im andern handelt es sich um die Reduction des Stückes eines Parallelkreises zum Aequator, gewöhnlich die Abweichung (vom Meridiane) genannt. Diese Reduction beschränkt sich auf die Division mit dem Cosinus der Breite, um das entsprechende Stück des Aequators oder den Längenunterschied zu bestimmen. Die Vergleichung nämlich der ähnlichen Kreisbögen auf dem Aequator und dem Breitenparallele führt zu dem übereinstimmenden Verhältniss derselben mit den Radien der zugehörigen Kreise und dem entsprechend ist dies Verhältniss das der Einheit zum Cosinus der Breite. Wenn dagegen α der allgemeine Curswinkel, φ die Breite, λ die Länge ist, so wird $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\cos\varphi\ d\lambda}{d\varphi}$ oder $\frac{d\lambda}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{d\varphi}{\cos\varphi}$, woraus durch Integration $\frac{\lambda}{\operatorname{tg}\alpha} = \log\operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{1}{2}\varphi\right) + \text{Const.}$ Für einen zweiten Ort, dessen Länge λ' und Breite φ' ist, demnach auch $\frac{\lambda'}{\operatorname{tg}\alpha'} = \log\operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{1}{2}\varphi'\right)$ und durch Subtraction

$\lambda' - \lambda = \operatorname{tg} \alpha \log \dfrac{\operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{1}{2}\varphi'\right)}{\operatorname{tg}\left(45 + \frac{1}{2}\varphi\right)}$. Ferner wird die Länge des loxodromischen Bogens, zufolge der MERCATOR'schen Projection desselben, als gerade Linie $s = (\varphi' - \varphi) \sec \alpha$. Beispielsweise wird für $\varphi = 0$, $\varphi' = 90^0$, $\alpha = 60^0$ $s = 90 \cdot 2 = 180^0$, oder der Bogen der loxodromischen Linie behält einen endlichen Werth, obgleich er erst nach unendlich vielen Windungen den Pol erreichen könnte.

Die Hülfstafeln geben unter dem Namen „Meridionaltheile" oder vergrösserte Breite für jeden Werth von φ den $\log \operatorname{tg}\left(45 + \frac{1}{2}\varphi\right)$, ausgedrückt in Minuten des grössten Kreises, also nach der Multiplication mit $\frac{180 \cdot 60}{\pi} = 3437{,}75$, und wenn man Briggische Logarithmen anwendet, so ist noch mit dem Modulus 0,4342945 zu dividiren.

Man hätte bei dieser Projection der Strenge nach die Abplattung der Erde zu berücksichtigen (vergl. LAMBERT's Beiträge III, p. 188. MENDOZA's Tafeln in der *Conn. d. T.* pro 1793 etc.), da der Unterschied für grosse Entfernungen nicht unmerklich ist. Für letztere hat man es aber vorzuziehen, gar nicht den loxodromischen Bogen, sondern den grössten Kreisbogen als kürzeste Entfernung zweier Oerter von einander aufzusuchen, sei es durch Auflösung eines sphärischen Dreiecks zwischen dem Pole und den beiden Oertern, wo der Winkel am Pole den Längenunterschied darstellt, oder durch graphische Hülfsmittel, oder endlich mit genügender Genauigkeit für die Praxis durch unmittelbare Messung auf einem Erdglobus, wenn es sich nur um den anfänglichen Curs handelt, welcher doch nach und nach verändert werden muss, um sich auf dem grössten Kreise zu halten.

Das Verfahren dieser Art von Längenbestimmung und Ortsbestimmung überhaupt durch Uebertragung leidet auf dem Meere an der Unvollkommenheit, mit welcher die Veränderungen des Ortes nur zu messen sind, besonders auch wegen der unbekannten und veränderlichen Meeresströmungen, so dass eine astronomische Ortsbestimmung nicht zu entbehren ist.

Als älteste Methode, durch astronomische Beobachtungen die Länge zu bestimmen, hat man seit PTOLEMAEUS die Beobachtung der Mondfinsternisse. Dazu kam seit der Erfindung der Fernröhre (1608) zunächst noch die Beobachtung der Verfinsterung der Jupiterssatelliten. Da es bei solchen Verfinsterungen immer die Beobachtung eines und desselben Zeitmomentes ist, in welche die Erscheinung fällt, nämlich bei Mondfinsternissen der wirkliche Eintritt des Mondes in den Schatten der Erde, oder bei den Jupiterssatelliten deren Eintritt in den Schatten des Jupiters, so bedarf es bei der Vergleichung von Beobachtungen derselben Erscheinung an verschiedenen Erdörtern keiner Reduction wegen etwaiger Parallaxe, sondern der einfache Unterschied der Beobachtungszeiten wird der gesuchte Längenunterschied, wenn jede Beobachtungszeit sich auf den Meridian des Beobachtungsortes bezieht. Eine Vervielfältigung der

Beobachtungen und damit der Bestimmungen des Längenunterschiedes bietet sich bei den Mondfinsternissen noch durch die Verfinsterung der verschiedenen Mondflecke dar, so dass ein Mittel aus allen solchen gleichzeitig angestellten Beobachtungen die Genauigkeit des Resultats vermehrt. Diese Genauigkeit wird nur sehr beschränkt durch das nicht plötzlich, sondern allmählig wahrnehmbare Eintreten der Erscheinung, wegen der nicht scharfen Begrenzung des Schattens, der in Abstufungen vom Halbschatten zum Kernschatten übergeht. Eine Genauigkeit von 8 Zeitsecunden, entsprechend 2 Bogenminuten, ist dabei auch für geübte Beobachter nicht mit Sicherheit erreichbar. Die Vergleichung von beobachteten Mondfinsternissen zeigt vielmehr oft grössere Abweichungen, selbst wenn die angewandten Instrumente von gleicher Vergrösserung waren. Finden sich zu solchen Beobachtungen eines Ortes keine correspondirende von andern Oertern, so lässt sich die Länge auch durch Vergleichung mit den im voraus in den Ephemeriden berechneten Zeiten des Anfanges und Endes der Finsterniss, auf dieselbe Weise, durch einfache Subtraction finden. Hierbei kommt freilich eine neue Unsicherheit hinzu, die theils in der Unvollkommenheit der astronomischen Tafeln, vorzüglich aber in der nicht sicher auszuführenden Berechnung der Schattengrenze liegt, welche man beobachtet hat, eine Unsicherheit, die eben durch correspondirende Beobachtungen, so weit es möglich ist, eliminirt werden könnte.

Mehr als die Mondfinsternisse haben die Beobachtungen der Verfinsterungen des Jupiterssatelliten, wozu viel häufiger Gelegenheit ist, zur Längenbestimmung und damit zur Vervollkommnung der Geographie beigetragen.

Die Anwendung der Sonnenfinsternisse zur Längenbestimmung wurde zuerst von Cassini vorgenommen bei Gelegenheit der Sonnenfinsterniss vom 23. September 1699. Die Längen dreier deutscher Städte: Nürnberg, Kiel und Greifswalde waren die ersten nach dieser Methode bestimmten (*Hist. de l'Ac.* Paris 1700, S. 103; v. Zach Mon. Corr. 1813, S. 152). Ausser dem Nutzen für die geographische Längenbestimmung haben die Berechnungen der beobachteten Sonnenfinsternisse, oder der Sternbedeckungen vom Monde, noch den Nutzen, den Grad der Genauigkeit kennen zu lernen, mit welcher sich der Ort des Mondes voraus berechnen liess, also die Fehler der Mondtafeln für die Zeit der Beobachtung. Auch gegenwärtig nämlich geht die Genauigkeit, womit eine Finsterniss nach den vorhandenen Hülfsmitteln vorausberechnet werden kann, nicht so weit, dass man darüber auf eine oder ein Paar Zeitsecunden sicher sein könnte. Diese Genauigkeit ist freilich öfters in populären Darstellungen mit Uebertreibung gepriesen worden. So hiess es u. a. bei Gelegenheit der Sonnenfinsterniss vom 28. Juli 1851 in Zeitungsnachrichten, dass die Beobachtung auf die Secunde genau mit der Vorausberechnung eingetroffen sei. Eine wirkliche Beobachtung z. B. in Kiel ergab dagegen Folgendes (Astron. Nachr. N. 770):

Anfang der Finsterniss 1851, Juli 28, mittl. Ortszeit	Instrument	Beobachter	Zeitbestimmung
$2^h\ 49^m\ 54^s$	Spiegelteleskop	Christensen	Correspondirende
2 49 52	Fernrohr von Gilbert	Weyer	Höhen.

Das von mir benutzte GILBERT'sche Fernrohr hatte 4 Fuss Länge; das Spiegelteleskop des andern Beobachters war von kleinerer Dimension, aber für diese Art von Beobachtungen noch sehr brauchbar. Die Beobachtung konnte nach unserer Schätzung wohl höchstens ein Paar Secunden zu spät sein, was sich auch nachher aus den Beobachtungen an andern Orten bestätigte. Dagegen hatte die Vorausberechnung den Anfang der Finsterniss beinahe eine ganze Minute früher gegeben. Wie viel dazu gehört hätte, diese Vorausberechnung auf eine Secunde sicher zu haben, ergiebt sich, indem man den 30. Theil einer Zeitsecunde in Bogensecunden verwandelt, also auf eine halbe Bogensecunde hätte der Mondsort genau vorher bekannt sein müssen, da nämlich der Mond seinen Ort täglich um ungefähr 12 Grade gegen die Sonne verändert und dies der 30. Theil von 360 Graden oder 24 Stunden ist. Bei der Vergleichung und Berechnung mehrerer Beobachtungen derselben Sonnenfinsterniss von verschiedenen Oertern mit genähert bekannter Länge lässt sich indessen nicht nur die Länge, sondern auch der Fehler der Mondtafeln bestimmen, indem man die beobachteten Zeiten als gegebene Zahlen benutzt und ausserdem nur noch die Veränderung des Mondortes, welche mit hinreichender Sicherheit aus den Tafeln zu entnehmen ist. Zu diesem Zweck kann man ein allgemeines Zeitmoment, die Zeit der wahren ekliptischen Conjunction aus der Beobachtung herleiten, indem man für die Zeit der Beobachtung den scheinbaren Längenunterschied als Kathete eines ebenen Dreiecks sucht, wozu die scheinbare Breite des Mondes als andere Kathete und die Summe der scheinbaren Halbmesser als Hypotenuse die gegebenen Grössen sind; dann mit der Längenparallaxe den wahren Längenunterschied und endlich mittelst der stündlichen relativen wahren Bewegung beider Gestirne in Länge die Zeit der ekliptischen Conjunction findet. Oder man kann das sphärische Dreieck, welches zwischen dem Pol der Ekliptik und den beiden scheinbaren Oertern der Gestirne enthalten ist, und worin die eine Seite die Summe der beiden scheinbaren Halbmesser (im Falle der äusseren Berührung) darstellt, so benutzen, dass man aus der Grundgleichung dieses Dreiecks die Bedingungsgleichung, welche für jede Beobachtung erfüllt werden muss, herleitet und dabei ausser dem Mittagsunterschiede alle sich auf den Mond beziehenden Data, wie die Länge, Breite, Parallaxe und Halbmesser, als einer kleinen Verbesserung bedürftig annimmt. Dann wird die Anzahl der vorhandenen Beobachtungen und die Verschiedenheit der Zahlencoefficienten in den Bedingungsgleichungen es mit mehr oder weniger Sicherheit gestatten, diese Correctionen einschliesslich des geographischen Längenunterschieds sämmtlich oder theilweise zu bestimmen, indem man die Bedingungsgleichungen auflöst. Ueber die analytische Auflösung vergl. man besonders: LAGRANGE (*Mém. Ac.* Berlin 1766, Berlin. Astr. Jahrb. für 1782), LITTROW's Astron. Vorles. Wien 1830, die astron. Jahrbücher von SAWITSCH und BRÜNNOW, nebst BESSEL (Astron. Untersuchungen, Königsberg 1841; Astron. Nachr. Bd. 3 und Bd. 14), wo BESSEL die Grundgleichung der Theorie der Finsternisse aus der Gleichung des Kegels herleitet.

Noch früher als die Methode der Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen vom Monde finden sich wenigstens die ersten Spuren der Längenbestimmung

durch Monddistanzen. In einer Schrift von Canovai, *Elogio di Amerigo Vespucci*, wird ein Brief des Letzteren angeführt, woraus erhellet, dass dieser schon den Meridian seines Schiffs durch den beobachteten Abstand des Planeten Mars vom Monde zu bestimmen versuchte. (v. Zach's Mon. Corr., Bd. 23, Gotha 1811, S. 428.) Die Beobachtung Vespucci's ist vom 23. August 1499 und an der Küste von Venezuela angestellt. Ohne Rücksicht auf die Parallaxe des Mondes bei sehr niedrigem Stande desselben und 1° Abstand des Mars vom Monde wurde die Länge mittelst einer Ephemeride des Regiomontan ungefähr 16° zu gross gefunden. Ein zweiter Versuch bei Gelegenheit einer Conjunction des Jupiters mit dem Monde wurde von dem astronomischen Begleiter Magellan's, Andres de San Martin, am 16. Dec. 1519 vor Rio de Janeiro gemacht, der durch die Ungenauigkeit des benutzten Kalenders von Ben Zacuth in Sevilla noch ungünstiger ausfiel. Etwas besser gelang es Willem Barent am 24. Januar 1597 auf Nova Semlja durch Beobachtung einer Conjunction des Mondes mit Jupiter um 6 Uhr Morgens, welche für Venedig nach den Ephemeriden Scali's um 1 Uhr Nachts stattfinden sollte, woraus er seine Länge 5 Stunden oder 75° östlich von Venedig erhielt, etwa $15\frac{1}{2}$° zuviel. Mit Rücksicht auf die Parallaxe und eine bessere Ephemeride von Magini, wonach die Conjunction um 12 Uhr 41 Minuten angegeben war, wäre das Resultat befriedigender ausgefallen (O. Peschel, Geschichte der Erdkunde, München 1865, S. 366).

Wenn man diese vorläufigen Versuche freilich mehr als Beobachtungen von Mondconjunctionen ansehen muss, so hatte doch der Nürnberger Astronom Joh. Werner im J. 1514 in seinen Anmerkungen zur Geographie des Ptolemaeus schon den Vorschlag gemacht, die Abstände des Mondes von der Sonne oder von hellen Sternen zu messen, und derselbe Vorschlag ist auch von Apian, Kepler und Halley wiederholt worden. Schon im J. 1540 am 12. Juni wurde in Loewen von Gemma-Frisius eine Distanz zwischen dem Monde und β Scorpii gemessen, auch von demselben die erforderliche Berücksichtigung der Mondparallaxe zuerst gehörig erörtert im 22. Kapitel seines Buches: De radio astronomico, welches 1545 zu Antwerpen erschien (Struve, Astr. Nachr. Bd. 19. S. 330). Gemma-Frisius fand aus der obigen Distanz des Mondes mittelst der Tafel des Copernicus, dass Loewen 1 St. 15′ westlich von Krakau liegt. Nach den neueren Bestimmungen ist es 1 St. 1′ 2″. Der Fehler der Beob. und der Tafeln zusammen also nur $3\frac{1}{2}$° für diese erste ordentliche Längenbestimmung aus Monddistanzen. Aber erst im J. 1750 finden wir Lacaille auf seiner Reise nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung mit der Ausführung und Prüfung der Methode der Monddistanzen für die Meereslänge beschäftigt, woraus er nachher einen Plan für die beste Einrichtung von Ephemeriden zu diesem Zweck entwarf. Demnächst folgt der englische Kapitän Campbell (1757), welcher mit einem messingenen Hadley'schen Sextanten Mondabstände auf dem Meere gemessen hatte, die von Bradley nach den Mayer'schen Mondtafeln berechnet wurden. Dann aber hat vorzüglich Maskelyne sich um die Einführung dieser Methode der Längenbestimmung verdient gemacht. Auf einer Reise nach St. Helena zur Beobachtung des Venusdurchganges vom J. 1761 hat er die Methode der Monddistanzen sehr angelegentlich untersucht und bald darauf für die Her-

stellung von genügenden Ephemeriden aufs beste gesorgt. Um dieselbe Zeit ist die Methode der Monddistanzen auch zuerst für Längenbestimmungen bei einer astronomisch-geographischen Expedition auf dem Lande angewandt worden, und zwar von Carsten Niebuhr auf seiner Reise nach Arabien. Die Beobachtungen desselben sind nachträglich berechnet von v. Zach und erwiesen sich als sehr zuverlässig (vergl. über die Geschichte dieser Methode v. Zach in der Mon. Corr., Bd. 4, 1801; auch L. Schwarz: Ueber die Reduction der Monddistanzen, Dorpat 1865, S. 46). In der ältesten Schrift in deutscher Sprache über Navigation von Prof. L. H. Röhl in Greifswald unter dem Titel: Anleitung zur Steuermannskunst, Greifswald 1778, ist die astronomische Längenbestimmung noch ganz weggelassen.

Die Bestimmung der geographischen Länge durch Monddistanzen musste gegen die vorher gebrauchte Methode der Längenbestimmung den Vortheil darbieten, sich viel häufiger anwenden zu lassen, indem nur die wenigen Tage vor und nach dem Neumonde ausfallen, wo der Mond nicht sichtbar ist. Zwei Schwierigkeiten waren aber zu überwinden, um die Längenbestimmung aus Mondabständen brauchbar zu machen. Erstlich war die Theorie der Mondbewegung noch nicht so vervollkommnet, dass die berechneten Abstände mit den gemessenen in der Art verglichen werden konnten, als wenn am Orte des ersten Meridians eine correspondirende Beobachtung angestellt wäre, um daraus mit Zuverlässigkeit auf den Zeitunterschied schliessen zu können. Zweitens war kein Instrument vorhanden, welches Winkelmessungen ohne feste Aufstellung gestattete, und letztere war wenigstens auf dem beweglichen Schiffe nicht möglich. Beide Schwierigkeiten wurden zunächst in England dadurch überwunden, dass es Newton (1687) gelungen war, eine erste eigentliche Theorie des Mondlaufes aus dem Princip der allgemeinen Gravitation zu entwickeln, die dann weiter von Euler (1746) und andern ausgebildet, namentlich die verbesserten Tafeln des Mondes von Tobias Mayer (1755) und seinen Nachfolgern hervorrief. Das erforderliche Instrument aber wurde durch die Anwendung der Spiegel zuerst in dem Hadley'schen Quadranten (1731) dargeboten.

Eine fernere Lösung erhielt das Problem der Meereslänge durch das Verfahren, mittelst tragbarer Uhren die Längenunterschiede zu bestimmen, eine Idee, die 1547 zuerst wohl von Gemma-Frisius (De principiis astronomiae etc., Paris 1547) angegeben ist. Zunächst wieder in England wurden die Federuhren zu grösserer Vollkommenheit für diesen Zweck gebracht durch eine Compensationseinrichtung, um dem Einfluss der Temperatur, auf den Gang der Uhr entgegenzuwirken. Das erste Chronometer wurde von Harrison 1729 hergestellt, und bis zum Jahre 1761 lieferte er solche, von ihm *time-keeper* genannte Uhren, in immer grösserer Volkommenheit.

Die Einführung von tragbaren Passageninstrumenten brachte die Methode der zu beobachtenden Rectascensionsunterschiede zwischen dem Monde und den Fixsternen im Parallele desselben zur erfolgreichen Aufnahme für die Längenbestimmung auf dem Lande, namentlich bei Expeditionen für geogr. Ortsbestimmung. Um die Einführung derselben haben sich Nicolai, Baily und Struve verdient gemacht. (Man sehe die Aufsätze darüber von Nicolai: Astr. Nachr. Bd. 1, 1823,

Bd. 2, 1824, Bd. 3, 1825; von Baily: *Mem. Astr. Soc.* Vol. 2; von Struve: Anwendung des Durchgangsinstruments für die geogr. Ortsbestimmung, Petersburg 1833, worin auch eine sehr ausführliche Technik der Beobachtungsweise enthalten ist. Die Idee der Längenbestimmung durch Beobachtung der Rectascension des Mondes im Meridiane findet sich wohl zuerst im J. 1544 bei Orontius Finaeus (vergl. Struve *, Astr. Nachr., Bd. 19, S. 329): De invenienda longitudinis locorum differentia, aliter quam per Lunares eclipses, liber admodum singularis. Ausserhalb des Meridians, am Aequatoreal, Torquetum genannt, den Mond für die Längenbestimmung zu beobachten, lehrte schon Apian 1540 **. Eine glückliche Anwendung auf Reisen machte schon Baffin (1612 und besser 1615 den 21. Juni) von der Methode des Orontius, indem er, fest zwischen dem Eise liegend, seine Mittagslinie so wie die Breite des Ortes (63° 40′) nebst der Zeit durch eine Sonnenhöhe bestimmt hatte und nun den Meridiandurchgang des Mondes beobachtete, woraus er die Länge seines Beobachtungsortes zu 74° 5′ westlich von London berechnete. Zufällig stimmt dies bis auf einen Grad genau mit der Wahrheit nach E. W. Parry überein, da weder die Zeitbestimmung wegen der Refraction und der Ungenauigkeit des Instruments, noch die Mondtafeln die entsprechende Genauigkeit haben konnten. (O. Peschel. Geschichte der Erdkunde, München 1865, S. 367.)

Statt der Beobachtungen des Mondes im Meridiane ist ferner die Beobachtung des Azimuths des Mondes vorgeschlagen und für die Berechnung dazu sind Formeln entwickelt von Prof. Grunert (Astr. Nachr. Bd. 18, S. 375).

Ueber die Methode, die Länge zu bestimmen mittelst der Beobachtungen des Durchgangs des Mondes und eines Sterns durch denselben Verticalkreis, welche Prof. Kaiser in Leyden für reisende Astronomen zur Vermehrung ihrer Bestimmungen vorschlug, findet sich die Reduction entwickelt von W. Chauvenet in Gould's *Astronomical Journal*, Bd. 5, 1859, p. 57.

Die Methode der Längenbestimmung aus Mondshöhen, welche noch von Bouguer für die Meereslänge empfohlen wurde, ist in dieser Beziehung durch die Monddistanzen verdrängt worden. Auf niedrigen Breiten indessen, wo die Richtung der täglichen Bewegung mit der eigenen Bewegung des Mondes näher zusammenfällt, konnte sie wohl nicht ohne Erfolg angewendet werden. Auch ist die Methode in neuerer Zeit mit der Verbesserung wieder aufgenommen worden, dass correspondirende oder gleiche Höhen des Mondes beobachtet werden sollen. Man sehe Lindenau, Monatl. Corr., Bd. 12, p. 541; Grunert Astr. Nachr. Bd. 18, S. 343. — Oudemans in Gould's Astron. Journal, Bd. 4, S. 164, behandelt noch eine andere Methode der Mondshöhen, welche von Prof. Kaiser vorgeschlagen und mit Erfolg bei den Ortsbestimmungen im Ostindischen Archipelagus angewandt worden ist, nämlich die Beobachtung der Zeiten, wo der Mond und ein Stern gleiche Höhen nach einander erreicht haben. Wird dann für die Mondshöhe die Parallaxe berechnet, so ist dies zugleich der Unterschied der

* Struve giebt im 19. Bd. der Astron. Nachr. einen „Bericht über die Bibliothek der Hauptsternwarte in Pulkowa, nach deren Bereicherung durch den Ankauf der Büchersammlung des verstorbenen Dr. Olbers in Bremen, nebst einigen angehängten bibliographischen Notizen". Diese Notizen enthalten auch sehr schätzbare Bemerkungen zur Geschichte der Methoden für die geographische Längenbestimmung.

** 1540. Ingolstadii. Fol. Astronomicum Caesareum (Petri Apiani) (Struve l. c.).

wahren Höhen zwischen dem Monde und den Sterne. Mit der angenommenen Länge des Ortes und den Zeiten der Beobachtung lässt sich dieselbe wahre Höhendifferenz zwischen Mond und Stern berechnen und aus dem Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung die angenommene geogr. Länge verbessern. Die absolute Kenntniss der beobachteten Höhen ist hierbei also eben so wenig wie bei correspondirenden Höhen nöthig und die Beobachtung lässt sich rasch wiederholen und jedesmal vollständig abschliessen, ohne wie bei correspondirenden Höhen den Abschluss der Beobachtung erst auf der andern Seite des Meridians bei einem oft veränderten Zustand der Atmosphäre zu erwarten. Auf sehr hohen Breiten, wo die Höhenänderung des Mondes wenig durch die eigene Bewegung desselben beeinflusst wird, ist diese Methode freilich unbrauchbar, aber desto wichtiger auf niedrigen Breiten, wo die obige andere Methode von Kaiser, nämlich die Beobachtung von Durchgängen durch einen Verticalkreis (ausser dem Meridiane) ihre Brauchbarkeit verliert.

Ausser dem Monde, auf dessen Beobachtung man wegen seiner schnellen Veränderung für die Längenbestimmung zunächst angewiesen ist, hat man in älterer Zeit und in Ermangelung anderer Hülfsmittel ausnahmsweise auch die Beobachtung der Declination der Sonne zur Zeit ihrer grössten Veränderung, also im Frühlings- und Herbst-Anfange, dazu vorgeschlagen (Sam. Reyher, De bacillis sexagenalibus et de meridianorum differentiis accurate et facile inveniendis, Kiliae 1688). Nun ist die grösste stündliche Veränderung der Sonnendeclination nahe an 60 Secunden, während die stündliche Bewegung des Mondes etwa 30 Minuten beträgt, mithin würde in dieser Hinsicht jenes Verfahren mit der Sonne nur den 30. Theil der Genauigkeit für die Länge gewähren, welche jetzt durch den Mond dargeboten ist. In dieselbe Klasse gehört wohl der Vorschlag, welcher einmal in Frankreich gemacht wurde *, auf dem Meere die Tageslänge genau zu beobachten und mit der bekannten Breite ebenfalls zu berechnen, um aus dem Unterschiede dieser beiden Resultate die Ortsveränderung nach Osten oder Westen zu finden.

Sehr ernstlich wurde dagegen in früherer Zeit auf eine physikalische Methode der Längenbestimmung Bedacht genommen und an ihrer Vervollkommnung gearbeitet. Schon S. Stevin und nachher besonders Halley hatten die Beobachtung der Abweichung der Magnetnadel für die Längenbestimmung in Vorschlag gebracht, da die Curven der gleichen Abweichung oder die Isogonen, welche zuerst durch Halley bekannt wurden, sich in ziemlich senkrechter Stellung gegen die Breitenparallele im Allgemeinen vertheilten. Bouguer hatte später die Isogonen für die Jahre 1700 und 1744 zusammen in einer Karte verzeichnet, um zugleich auf die Veränderung der magnetischen Declination Rücksicht nehmen zu können. Um die Herstellung der Isogonen für das Jahr 1744 hatten sich in England Mountaine und Dodson vorzüglich verdient gemacht. In den Schriften des vorigen Jahrhunderts, z. B. von Bouguer, Robertson, Bézout u. A., wird bei der Bestimmung der Länge auf dem Meere diese Methode als die nächste immer angeführt. Sie musste durch die Längenbestimmung vermittelst des Mondes und

* Von d'Albert, *Hist. de l'Acad.* 1724. p. 132. — J. Lulofs, Kenntniss der Erdkugel. S. 147.

der Chronometer beseitigt werden; auch ist wohl kaum zu erwarten, dass sie mit erheblichem Erfolg angewandt wurde wegen der Ungenauigkeit der Bestimmung der magnetischen Declination, welche noch der Mitwirkung der störenden localen Einflüsse unterlag, sondern nur als ein Nothbehelf, welcher in Ermangelung anderer Hülfsmittel nicht zu verschmähen war. Uebrigens vertheilen sich die isogonischen Linien in einigen Gegenden, z. B. im südatlantischen Ocean, auch so günstig, dass man auf jeden Grad der Veränderung in Länge ungefähr einen halben Grad der Veränderung für die magnetische Declination erwarten kann. Wenn daher die Länge bis auf einen Grad bestimmt werden sollte, musste man suchen, die Abweichung der Magnetnadel nur etwa bis auf einen halben Grad zu finden, falls die Karte als zuverlässig genug für die Zeit des Gebrauchs anzusehen war.

Zuweilen sind ferner noch die Sternschnuppen-Beobachtungen für die Längenbestimmung mit einigem Erfolge angewandt worden, indem man die Zeit des Verschwindens derselben an verschiedenen Orten gleichzeitig beobachtete. Ein Vorschlag dazu erschien schon 1727 von Lynn in den *Philos. Transact.* Nachher (1801 und später) wurde die Sache wieder besonders von Benzenberg angeregt, welcher zunächst in Gemeinschaft mit Brandes solche Beobachtungen anstellte, woraus sich zuerst auch die Entfernung der Sternschnuppen von der Erde bedeutend grösser ergab (1 bis 30 Meilen), als man früher vermuthet hatte, indem man sie häufig für Lufterscheinungen hielt. Die planetarische Geschwindigkeit ihrer Bewegung (4 bis 8 Meilen in einer Secunde), welche damit ebenfalls bekannt wurde, deutete nun schon auf einen kosmischen Ursprung der Sternschnuppen. Dazu kam eine ziemlich regelmässige Wiederkehr von Perioden, nach welchen die Sternschnuppen häufiger erschienen, besonders zuerst auffallend gegen die Mitte Novembers, nachher etwas regelmässiger im August, so dass die Vorstellung, welche schon von Halley und Chladni über den kosmischen Ursprung als muthmaasslich angegeben war, nun von Arago und Humboldt näher so bezeichnet werden konnte, dass die Sternschnuppen sehr kleine Körper sind, welche sich in einer grossen vielleicht ringförmig gruppirten Menge oder in mehreren solchen Ringen um die Sonne in Ellipsen bewegen, und dass die zu Zeiten häufigere Erscheinung von Sternschnuppen sich durch die derzeitige Nähe der Erde bei diesen Gruppen erklärt*. Ein Resultat von Längenbestimmungen aus Sternschnuppen-Beobachtungen, welche unter günstigen Umständen angestellt waren, habe ich in den Astron. Nachr., Bd. 26, von den August-Sternschnuppen des Jahres 1847 mitgetheilt. Die Beobachtungen waren am 10. und 11. August gleichzeitig auf der Sternwarte in Hamburg und zu Papenburg und Timmel in Ostfriesland angestellt. Die Standlinien der Beobachtungsörter waren:

Hamburg-Timmel	22 Meilen, südwestl. Azim.	83°;
Hamburg-Papenburg	24 „ „ „	73.

* Auch glaubte Olbers an eine Periode von 34 Jahren für das Maximum der Novembererscheinung (Arago Astr. Th. 4, S. 260). Die Sternschnuppen boten bei den grossen Erscheinungen sehr vorwiegend einen gemeinsamen Punkt dar, in welchem ihre Züge rückwärts verlängert sich vereinigten. Dieser Punkt lag bei der Novembererscheinung im Sternbilde des Löwen, wohin eben auch die Richtung der Erdbewegung ging, und blieb daselbst ungeachtet der Verschiebung des Sternbildes nach Westen während der Dauer der Beobachtung (ib p. 252).

Die correspondirenden Beobachtungen mussten bei der unbekannten Parallaxe der Sternschnuppen hervorgesucht werden aus allen, welche mit dem ungefähr bekannten Längenunterschiede bis auf eine Zeitminute stimmten. Unter 135 so gebildeten Differenzen fanden sich 25, welche höchstens 2 Secunden von einander abwichen. Andere ähnliche Gruppen konnten daraus nicht gebildet werden, und die Erweiterung der Grenze von 2 bis auf 6 Secunden würde nur einen geringen Zuwachs (2 oder 3) gegeben haben. Von den 25 wurde eine als unsicher bezeichnete weggelassen und 3 andere deswegen ausgeschlossen, weil der durch die beobachteten Oerter gelegte grösste Kreis sich zu weit von den Punkten der Sphäre entfernte, nach welchen die verlängerte Standlinie hinwies. Die übrigen 21 Beobachtungen zwischen Hamburg und Timmel geben den Längenunterschied 9′ 48″,1, den mittleren Fehler einer Beobachtung = 0″,5 und den des Resultats = 0″,1. Der Versuch zeigte wenigstens, dass Sternschnuppen unter günstigen Umständen recht gut zur Längenbestimmung gebraucht werden können. Die bei dieser Gelegenheit von mir berechneten Entfernungen der Sternschnuppen von der Erde ergaben sich von 7 bis zu 18 geogr. Meilen.

Die terrestrischen Signale zur Längenbestimmung bestanden anfänglich darin, dass man auf einem hohen von beiden Oertern sichtbaren Standpunkte ein Feuer anzündete und dies von Zeit zu Zeit verdeckte, um Momente zu erhalten, die jeder Beobachter nach seiner Ortszeit zu beobachten hatte. Auf diese Weise bestimmte Picard (1671) den Längenunterschied zwischen der Sternwarte (dem runden Thurm) in Kopenhagen und dem Orte der Uranienburg auf der Insel Hven zu 7′ 15″ eines Grades oder 29 Zeitsecunden. Die neuere Bestimmung von Klint nach dem Littrow'schen Verzeichniss geographischer Ortsbestimmungen (Leipzig 1844) giebt dafür 7′ 26″ im Bogen oder 29,7 Zeitsecunden. — Condamine (*Mém.* Paris 1735) führte statt der Verdeckung eines anhaltend brennenden Feuers das Abblitzen von Pulver, die Pulversignale, ein, die seitdem gewöhnlich angewandt wurden, bis in neuester Zeit die elektrischen Telegraphen andere Signale für die Längenbestimmung darboten, welche in ihrer Anwendung durch keine Entfernung beschränkt und eines Grades der Genauigkeit fähig sind, der durch keine andere Methode der Längenbestimmung erreicht werden konnte.

Nach einer encyklopädischen Uebersicht der verschiedenen Methoden, die Länge zu bestimmen, möge schliesslich eine ausführlichere Darstellung von zweien derselben folgen, welche sich am häufigsten und allgemeinsten gebrauchen lassen und daher für die Geographie und Nautik besonders in Anwendung gekommen sind.

§. 220. Längenbestimmung durch Chronometer.

Diese Methode der Längenbestimmung erfordert nur die sorgfältige Ermittelung der Zeit des Beobachtungsortes und deren Vergleichung mit der Zeit des Chronometers, wobei von letzterem der einmalige Stand gegen die Zeit des in Länge zu vergleichenden Ortes und der tägliche Gang in Beziehung auf die Voreilung oder das Zurückbleiben gegen das genaue Zeitmaass, gewöhnlich gegen mittlere Zeit, als bekannt vorausgesetzt wird.

Beispiel. Am 18. Juli 1860 beobachtete ich zu Vitoria in Spanien die doppelte Höhe des obern Sonnenrandes mit einem Reflexionskreise von Martins (Patentkreis der kleineren Art) 54° 24′ 20″, als ein Chronometer von Winnerl $5^h\ 28^m\ 52^s$ zeigte, oder zufolge der telegraphischen Vergleichung mit Madrid: $4^h\ 50^m\ 23^s,6$ mittlere Zeit in Madrid. Der Indexfehler des Instruments war + 1′ 0″, die Breite des Beobachtungsortes 42° 50′ 41″ N., das Thermometer zeigte + 15° R., Barometer $0^m,7209 = 26^Z\ 7^L,57$ Pariser Maass (die Höhe des Ortes über der Meeresfläche beträgt 545 Meter). Demnach wurde die wahre Höhe des Sonnenmittelpunktes 26° 55′ 24″. Die Declination der Sonne war 20° 55′ 41″ N. und die Zeitgleichung $+ 5^m\ 56^s,0$.

Um hieraus die Länge des Beobachtungsortes zu finden, wurde mit der Breite, Declination und Höhe der Stundenwinkel berechnet und dafür 4 St. 48′ 36″,3 gefunden, mithin durch Hinzufügung der Zeitgleichung die mittlere Zeit in Vitoria 4 St. 54′ 32″,3. Da nun in demselben Momente die mittlere Zeit in Madrid nach dem Chronometer 4 St. 50′ 23″,6 war, so liegt der Beobachtungsort 4′ 8″,7 in Zeit östlich von Madrid, und weil Madrid 14′ 48″ in Zeit westlich von Greenwich angenommen wurde, so ergiebt sich die Länge von Vitoria $10^m\ 39^s,3$ westlich von Greenwich, oder $20^m\ 0^s,0$ westlich von Paris, mithin 5° 0′ im Bogen. Wird hiervon 20° 0′ 0″ subtrahirt, so ist für Vitoria die östliche Länge von Ferro = 15° 0′.

Zur Vergleichung des Resultats fand ich nur in einem Provinzialkalender: *Calendario de las provincias Viscaya, Guipuzcoa y Alava pro 1860*, die Länge von Vitoria 0 St. 13′ 14″ östlich von San Fernando angegeben, also da letzterer Ort 0 St. 24′ 49″,1 W. von Greenwich liegt (*Naut. Alm.* f. 1869), so würde die Länge von Vitoria 0 St. 11′ 35″ W. von Greenwich sein, welches von der obigen Beobachtung um 56 Secunden in Zeit, also beinahe um $\frac{1}{4}$ Grad abweicht. Neben der angeführten einzelnen Beobachtung für die Längenbestimmung habe ich noch 6 andere Beobachtungen ausgeführt und da das Mittel aus allen 7 Beobachtungen mit der als Beispiel gewählten bis auf eine Zeitsecunde übereinstimmt, auch der wahrscheinliche Fehler des arithmetischen Mittels ± 1″,7 in Zeit wurde, so wird die Angabe der Länge des Ortes in dem spanischen Kalender um $\frac{1}{4}$ Grad zu weit nach Westen sein.

Ist statt der Sonne eine Sternhöhe beobachtet, so hätte man zuerst die Berechnung des Stundenwinkels t und hiermit durch Hinzufügung der Rectascension α des Gestirns $\alpha \pm t$, das ist die Rectascension des Meridians oder die Sternzeit der Beobachtung zu finden, wo das obere Zeichen für den westlichen, das untere für den östlichen Stundenwinkel gilt; hiervon wird dann die Rectascension der mittleren Sonne abgezogen und der Rest ist die mittlere Zeit des Beobachtungsortes. Die Vergleichung derselben mit der auf den ersten Meridian reducirten Chronometerzeit giebt dann die gesuchte Länge, und sie ist östlich oder westlich, je nachdem die Ortszeit die grössere oder kleinere von beiden ist.

Die zweckmässigste Zeit zur Anstellung dieser Beobachtungen für die Bestimmung der Länge, also der Zeitbestimmung, ist, wie schon vorher erörtert, die Zeit des Durchganges des Gestirns durch den ersten Vertical (falls die Höhe dann nicht all zu niedrig und damit wegen der Strahlenbrechung unsicher wird).

während für die Breitenbestimmung aus einer Höhe die Beobachtung im Meridiane selbst oder doch in der Nähe desselben anzustellen ist. Man hat also bei der gebräuchlichsten Anwendung von Sonnenhöhen zur Längenbestimmung im Allgemeinen eine Zeit gewählt, welche mehrere Stunden vom Mittage entlegen ist, und die Beobachtungen in der Nähe des Meridians, wegen der geringen Höhenänderung, für diesen Zweck vermieden. Doch bildet der häufig genug vorkommende Fall, wo der Beobachtungsort sich in den tropischen Gegenden befindet, eine Ausnahme, weil es sich hier ereignen kann, dass die Sonne erst um Mittag, oder in der Nähe desselben, in den ersten Vertical gelangt und also gerade dann ihre schnellste Höhenänderung hat. Dasselbe gilt beziehungsweise von andern Gestirnen.

B e i s p i e l 1. Am 1. Januar 1844 Abends $10\frac{1}{2}$ Uhr in 46° N. Breite und 131° geschätzter W. Länge von Greenwich beobachtete man die Höhe des Sterns Capella 88° 9′ westlich vom Meridian. Indexfehler + 3′ 15″. Höhe des Auges 28 Fuss. Das Chronometer, welches am 9. Nov. 1843 21 Min. 54 Sec., voraus gegen mittlere Zeit in Greenwich gewesen war und täglich 7″,9 verlor, zeigte, als die Höhe beobachtet wurde, 7 Std. 31′ 47″.

Es ergiebt sich hieraus der Stundenwinkel des Sterns $t = 0$ Std. 10′ 50″ mit der Declination des Sterns 45° 50′ N., und da die Rectascension desselben 5 St. 5′ 14″, ferner die mittlere Rectascension der Sonne 18 Std. 44′ 8″ war, so wurde die mittlere Ortszeit 10 Std. 31′ 56″. Die davon subtrahirte mittlere Zeit in Greenwich 7 Std. 16′ 52″ lässt die Länge übrig = 8 Std. 44′ 56″ = 131° 14′ W.

B e i s p i e l 2. Kurz vor Mittag den 20. December 1845 in 24° 16′ S. Breite und 158° geschätzter W. Länge beobachtete man die Höhe des untern Sonnenrandes 87° 3′, als ein Chronometer 8 Std. 49′ 51″ zeigte. Die Höhe des Auges war 24 Fuss. Das Chronometer war am 22. Sept. 1 St. 36′ 8″ zurück gegen mittlere Zeit in Greenwich gewesen und eilte täglich um 4,7 Secunden voraus.

Die Berechnung mit der Declination 23° 27′ S. giebt den Stundenwinkel $t = 0$ Std. 11′ 30″, woraus mit der Zeitgleichung — 1′ 53″ die mittlere Ortszeit = 11 Std. 46′ 37″ und die Länge = 10 Std. 32′ 24″ = 158° 6′ W. gefunden wird.

Auf die Zweckmässigkeit des Verfahrens, in solchen Fällen und auch bei weiterer Entfernung von den Tropen die L ä n g e a u s S o n n e n h ö h e n i n d e r N ä h e d e s M e r i d i a n s zu bestimmen, hat C. v. LITTROW * aufmerksam gemacht, im Gegensatze zu der gewöhnlichen Regel, wonach, etwas zu allgemein, die Höhen in der Nähe des Meridians für die Längenbestimmung vermieden zu werden pflegten. Auf der Reise der österr. Fregatte Novara um die Erde in den Jahren 1857 bis 1859 wurde diese Methode zuerst und sehr häufig praktisch angewandt, und zwar nach den Resultaten des Contre-Admirals v. WÜLLERSTORF, selbst in Breiten von 43 Grad und darüber (wenn die Declination der Sonne gross und mit der Breite gleichnamig war) noch mit gutem Erfolge. Die Be-

* Annalen der Wiener Sternwarte, Bd. 21. 1841. *Aggiunte al Almanacco nautico per l'anno 1843 et 1844* (publl. dal Dre. V. GALLO (Trieste). Ueber die Methode der Längenbestimmung durch Differenzen von Circummeridianhöhen und deren Anwendung während der Weltumsegelung S. M. Fregatte Novara. Von CARL VON LITTROW, Wien 1863.

rechnung, wenn man nach der Methode von LITTROW je 2 Höhen und die verflossene Zeit combinirt, ist auch leicht und besteht in der Auflösung des ersten Theils des DOUWES'schen Problems, wodurch die halbe Summe der Stundenwinkel mittelst der halben verflossenen Zeit und den beiden beobachteten Höhen bestimmt wird, so dass wenn t und t' die Stundenwinkel zu den Höhen h und h', ferner φ die Breite, δ die Declination der Sonne bezeichnen, nur die Formel (§. 214) zur Anwendung kommt:

$$\sin\frac{1}{2}(t'+t) = \frac{\sin\frac{1}{2}(h-h')\cos\frac{1}{2}(h+h')}{\cos\varphi\cos\delta\sin\frac{1}{2}(t'-t)}.$$

Hier ist $t'-t$ die beobachtete verflossene Zeit und die Breite φ wird aus der Mittagshöhe als bekannt vorausgesetzt. Sind die Höhen einander gleich, so hat man den speciellen Fall der correspondirenden Circummeridianhöhen, wobei also $h=h'$, $t=-t'$ und $t'+t=0$ wird, indem die Stundenwinkel dann entgegengesetzte Zeichen und gleiche Grösse auf verschiedenen Seiten des Meridians haben. Uebrigens ist $\frac{1}{2}(t'+t)$ der Stundenwinkel für die Mitte der beiden Beobachtungen und liegt daher auf derjenigen Seite des Meridians, wo die kleinere Höhe beobachtet ist.

Beispiel. Am 30. August 1858 auf 11° 55′ N. Breite und 147° 35′ östlicher Länge von Paris wurden auf der Fregatte Novara folgende Beobachtungen angestellt. Die Höhe des Auges war 19 Wiener Fuss, der Collimationsfehler — 2′ 52″. Das Chronometer 4 Min. 22,4 Secunden zurück gegen mittlere Zeit in Paris, die Declination der Sonne 9° 11′ N., die Zeitgleichung + 0′ 37″,8.

Nr.	Chron. Zeit	Höhe des untern Sonnenrandes
1	13 Std. 47′ 7″,2	84° 27′ 50″
2	13 47 40,4	84 35 0
3	13 48 13,2	84 41 45
4	13 51 23,3	85 20 5
.	. . .	. . .
.	. . .	. . .
.	. . .	. . .
15	14 20 12,4	85 24 20
16	14 23 43,2	84 42 0
17	14 24 36,8	84 30 35
18	14 24 54,8	84 27 0

Die Resultate hieraus wurden:

Combin. Beob.	Interv.	Stand des Chron. gegen die wahre Ortszeit	
1—18	38 Min.	9 Std. 54′ 0″,7	Mittel: 9 Std. 54′ 1″,0, demnach die Länge des Ortes = 9 Std. 54′ 1″,0 + 37″,8 — 4′ 22″,4 = 9 Std. 50′ 16″,3 von Paris = 9 Std. 59′ 37″,0 von Greenwich.
2—17	37	9 54 1,5	
3—16	36	9 54 0,9	
4—15	29	9 54 1,0	

Ein constanter Fehler von einer Minute in den Höhen würde hier einen Fehler von 3″,4 in Zeit veranlasst haben, wenn $\frac{1}{2}(t'+t) = 16$ Min. 11 Secunden ist, wozu $\frac{1}{2}(h+h') = 85^{\circ}\,9'$ gehört. Für den Fall der gleichen (correspondirenden) Höhen muss ein constanter Fehler der Höhen natürlich ohne Einfluss bleiben.

In einem zweiten Beispiele unter nicht so günstigen Umständen vom 14. Sept. 1857 auf 34° 0′ S. Breite und 7° 3′ W. Länge von Paris ergaben sich aus Sonnenhöhen von 51 bis 52 Grad die Resultate für den Stand des Chronometers gegen die wahre Ortszeit zu $22^{h}\,44'$ und resp.: 39, 30, 30, 25, 30 und 21 Secunden, woraus das Mittel 22 Std. 44′ 29″ wird. Die Zeitintervalle zwischen je 2 combinirten Beobachtungen betrugen hier 34 bis 42 Minuten.

Diese beiden Beispiele sind abgekürzt aus einem Berichte über diese Methode der Längenbestimmung, welcher in den *Comptes rend.* v. 7. März 1864 von H. Faye gegeben wurde. Der Bericht ist besonders abgedruckt unter dem Titel: *Sur une méthode nouvelle proposée par M. de Littrow, pour déterminer en mer l'heure et la longitude*, Vienne 1864. Es wird darin (p. 12) auch die Correction erörtert, welche von der Veränderung der Declination herrührt.

Fernere Anwendungen derselben Methode wurden veröffentlicht von dem Director W. v. Freeden in dessen Handbuch der Nautik, Oldenburg 1864, S. 385, wobei die Breite des Beobachtungsortes 53° 14′ N. und die combinirten Zeitintervalle 20 bis 60 Minuten betrugen, bei südlicher Declination der Sonne am 9. Nov. 1863. Die Resultate für die Länge stimmten dabei noch recht gut unter einander und mit der bekannten Länge des Beobachtungsortes überein.

Der Vortheil dieser Methode besteht für die Ortsbestimmung auf dem Meere in der nahe gleichzeitig um Mittag neben der Breite zu erlangenden Länge, so dass die letztere ebenfalls ohne Vermittelung der Fahrtrechnung in einer grössern Zwischenzeit, welche sowohl die Breite als die Länge unsicher machen kann, astronomisch bestimmt wird.

Eine Discussion für und gegen die Littrow'sche Methode hatte sich in der Zeitschrift Hansa (Hamburg 1864 und 1865) erhoben, wobei übrigens Missverständnisse vorkamen, als beanspruche diese Methode mittelst einer ganz neuen Formel zu rechnen, oder an sich genauer zu sein für die Zeit und Längenbestimmung als die bisherige allgemeine Methode der Zeitbestimmung durch Höhen in der Nähe des ersten Verticals, und damit die Bestimmung zu haben, die alte Methode zu verdrängen. Gegen diese Missverständnisse sah sich der Urheber der Methode selbst veranlasst, eine Erklärung in derselben Zeitschrift (v. 5. Nov. 1865) abzugeben und daran zu erinnern, dass die neue Methode zu den weniger genauen gehöre, aber dem täglichen Bedürfnisse der Längenbestimmung auf dem Meere in bequemster Weise entsprechen solle.

Hiernach wird eine Gelegenheit, die Länge astronomisch mittelst eines Chronometers zu bestimmen, auch in der Nähe des Mittags künftig wohl mehr und mehr benutzt werden, statt dass sie bisher regelmässig vermieden wurde, selbst im günstigsten Falle.

§. 221. Längenbestimmung aus Monddistanzen.

Die allgemeine Einführung dieser Art von Längenbestimmung beginnt mit dem Jahre 1767, wo der erste Band der eigentlich in dieser Veranlassung gegründeten und noch gegenwärtig fortgesetzten astronomischen Ephemeride unter dem Titel erschien: *The nautical almanac and astronomical ephemeris for the year 1767*, London 1766 in 8. Der erste Herausgeber, Nevil Maskelyne, Astronomer royal an der Sternwarte zu Greenwich, gab darin nach dem Plane, für welchen schon Lacaille gestrebt und bei verschiedenen Gelegenheiten, z. B. in den Pariser Memoiren für 1759 auseinandergesetzt hatte, die Winkelabstände des Mondes von der Sonne und einigen zweckmässig gelegenen Sternen, als Vorausberechnung, wie diese Monddistanzen vom Mittelpunkte der Erde gesehen erscheinen würden, und zwar in dem Intervalle von 3 zu 3 Stunden, welches auch seitdem als erforderlich beibehalten worden ist. Er wich hierin etwas ab von Lacaille (gestorben 1762), welcher noch in seiner Ausgabe des *Traité de navigation* von Bouguer, Paris 1760, p. 265 den Abdruck eines *Modele pour un Almanach nautique* mit der Ueberschrift Juillet 1761 mittheilt, worin neben der Parallaxe des Mondes von 12 zu 12 Stunden die Monddistanzen von 4 zu 4 Stunden berechnet sind. Erst für das Jahr 1774 wurden in Frankreich die Monddistanzen in der *Connaissance des temps* angegeben, und zwar von 3 zu 3 Stunden berechnet. Früher war man darauf angewiesen, die wahre Länge des Mondes aus einer beobachteten Distanz herzuleiten und diese mit der in der *Conn. des temps* berechneten Länge des Mondes zu vergleichen, um daraus den Längenunterschied zwischen Paris und dem Beobachtungsorte zu finden, worüber Bézout (*Traité de navigation*, p. 265) noch ein Beispiel für das Jahr 1770 giebt. Etwas anders verfuhr Maskelyne, indem er die beobachtete Distanz auf den Mittelpunkt der Erde reducirte und dann mittelst der stündlichen Bewegung des Mondes in Länge (wenn die Distanz nicht unter 20 oder 30° war) mit der aus Länge und Breite berechneten wahren Distanz der Gestirne verglich. Bei kleineren Distanzen berechnete er eine zweite wahre Distanz in dem Intervall von einer Stunde gegen die vorhergehende, um daraus die genauere stündliche Veränderung der Distanz selbst für die erforderliche Vergleichung zu finden. (*Philos. Transact. for the year 1762*, p. 570.)

Das System einer Ephemeride der Monddistanzen nach dem Plane von Lacaille und Maskelyne wurde erst im Jahre 1821 erweitert von Schumacher, welcher zu der Sonne und den 9 hellen Fixsternen in der Nähe der Ekliptik die 4 eben so gut anzuwendenden hellsten Planeten: Venus, Mars, Jupiter und Saturn hinzufügte, indem er dafür mehrere Jahre hindurch eine eigene Ephemeride in Kopenhagen herausgab, bis diese Planeten zu den übrigen Monddistanzen der englischen und französischen Ephemeride eingereihet wurden.

In der deutschen astronomischen Ephemeride, dem Berliner astronomischen Jahrbuche, wurden von 1844 bis 1851 die Monddistanzen ebenfalls gegeben; von 1852 an aber ist ihre Mittheilung dem „Nautischen Jahrbuche" überlassen worden, welches seit der Zeit, von Dr. Bremiker herausgegeben, auf Veranlassung des Königlich Preuss. Handelsministeriums zu Berlin erscheint.

Da die vorausberechneten Monddistanzen für den Mittelpunkt der Erde als Standpunkt gelten, so reducirt man eine beobachtete Monddistanz ebenfalls auf diesen Mittelpunkt und befreit sie ausserdem von der Strahlenbrechung. Das Uebrige kann dann durch eine einfache Proportion erledigt werden, um nämlich von der Grösse der Monddistanz auf die Uhrzeit des ersten Meridians zu schliessen, und nur bei schärferer Rechnung wird man hierbei noch die zweiten Differenzen zu berücksichtigen haben. Durch die Einführung der Monddistanzen wurde nun vollständiger als vorher der Himmel zu einer grossen allgemeinen Uhr, nach Herschel's Bezeichnung, an welchem die Sterne das Zifferblatt, der Mond aber den Zeiger bedeuten. Indem aber der Zeiger uns viel näher als das Zifferblatt ist, so muss die Parallaxe berücksichtigt werden, also der Beobachter muss sich nach dem Mittelpunkte der Erde versetzen, um den eigentlichen Stand jener Himmelsuhr zu erkennen.

Um die verschiedenen Formeln für die Berechnung der Monddistanzen darzustellen, sei nur noch wegen der zu wählenden Bezeichnung bemerkt, dass die Bequemlichkeit einer gemeinsamen Bezeichnung bei dieser so oft behandelten Aufgabe nicht vorhanden, sondern bisher fast in jeder Schrift über den Gegenstand eine besondere Bezeichnung gewählt ist. Zweckmässig wird es aber sein, die Höhe des Mondes und des andern Gestirns sogleich in der Bezeichnung unterscheiden zu können und die Accente auf diejenigen Grössen zu beschränken, welche in der weiteren Entwickelung der Formeln am wenigsten vorkommen. Es sei daher:

- s die scheinbare (mit Refraction und Parallaxe behaftete) Höhe der Sonne oder des Sterns,
- m die scheinbare Höhe des Mondes,
- d die scheinbare Distanz,
- s' die wahre (von Refraction und Parallaxe befreiete) Höhe der Sonne,
- m' die wahre Höhe des Mondes,
- d' die wahre (also vom Mittelpunkte der Erde gesehene) Distanz.

Ist nun Z der Winkel am Zenith oder der Unterschied der Azimuthe beider Gestirne, so geben die beiden sphärischen Dreiecke zwischen dem Zenith und den Oertern der Gestirne, da die Refraction und Parallaxe nur in verticaler Richtung wirken (wenn vorläufig die Abplattung der Erde nicht berücksichtigt wird), die beiden Gleichungen:

$$\cos d' = \sin s' \sin m' + \cos s' \cos m' \cos Z$$
$$\cos d = \sin s \sin m + \cos s \cos m \cos Z,$$

woraus durch Elimination von $\cos Z$, indem man jede Gleichung mit dem Factor von $\cos Z$ in der andern multiplicirt und die Producte subtrahirt, die Grundgleichung der Reduction der Monddistanzen entsteht:

$$1) \quad \cos d' = \sin s' \sin m' + \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}(\cos d - \sin s \sin m).$$

Es werden dabei die Grössen der rechten Seite sämmtlich als bekannt vorausgesetzt, mögen die Höhen nun gemessen oder durch Rechnung bekannt geworden sein.

Man hat eine grosse Menge von Methoden angegeben, die Berechnung dieser Grundformel, welche nicht bequemer ist, als die einzelne Berechnung der beiden Dreiecke, zu erleichtern. Alle Anforderungen, welche sich an eine zweckmässige Berechnungsmethode machen liessen, sind dabei in Erwägung gekommen, und da die verschiedenen Ansprüche nicht gleichzeitig durch ein bestimmtes Verfahren zu erfüllen waren, so hat sich eine Mannigfaltigkeit von Formeln und Hülfsmitteln ergeben, wie bei keiner andern astronomischen Aufgabe. Zunächst war erforderlich, die Berechnung der Distanz auf Secunden durchzuführen, um die entsprechende Länge auch nur auf Minuten richtig zu erhalten, da ein kleiner Fehler in der Monddistanz sich ungefähr 30fach vergrössert auf das Resultat der Länge überträgt. Dann sollte auch wo möglich die Verschiedenheit der Zeichen, welche durch die Aenderung der Zahlenwerthe in den Formeln eintreten könnte, vermieden werden, um bei der mechanischen Rechnung vor den Zeichenfehlern sicher zu sein. Da ferner der Werth der gesuchten Distanz schon genähert durch die gemessene Distanz bekannt ist, so handelt es sich immer nur um die Berechnung einer kleinen Grösse, welche den Betrag eines Grades nicht übersteigt. Hieraus ergaben sich die Methoden der genäherten, aber doch hinreichend genauen Auflösungen, welche zur Abkürzung der Rechnung dienen, indem sie eine geringere Anzahl von Decimalstellen erfordern und das Einschalten zur Verbesserung für die Secunden der Bögen entbehrlich machen. Endlich suchte man die Rechnung überhaupt dabei auf ein Minimum zu beschränken und das Uebrige durch besondere Hülfstafeln oder eine geometrische Construction zu erledigen.

Die Eintheilung der Reductionsmethoden für die Monddistanzen in directe und genäherte bezieht sich nun auf die eben angegebene Verschiedenheit der Berechnungsweise. Bei den directen Methoden wendet man vollständig entwickelte strenge Formeln an, die einen geschlossenen Ausdruck bilden. Die Näherungsmethoden kommen auf eine Reihenentwickelung hinaus, deren einzelne Glieder zu berechnen sind, bis ihr Betrag unmerklich wird. Zu den Näherungsmethoden pflegt man auch diejenigen zu zählen, welche die Auflösung zwar in einem geschlossenen, aber unentwickelten Ausdrucke geben, so dass eine Wiederholung der Rechnung erforderlich ist, welche zuerst mit einem genäherten Werthe durchgeführt wird.

1. Directe Methoden für die Berechnung der Monddistanzen.

Um mit den directen Methoden zu beginnen, kann man von der Grundgleichung 1) ausgehen, wonach

$$\cos d' = \sin s' \sin m' + \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} (\cos d - \sin s \sin m).$$

Addirt man hierzu $0 = \cos s' \cos m' - \cos s' \cos m'$, so ergiebt sich

$$2) \quad \cos d' = \cos (s' - m') - \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cdot \{\cos (s - m) - \cos d\}$$

oder die Formel von Richard Dunthorne, nach welcher schon in den ersten Bänden des *Naut. alm.* Beispiele berechnet sind (*Naut. alm. pr. 1767*; Lexell Observationes circa methodum inveniendi longitudinem etc. Acta acad. Petr. pr. A. 1777, p. 350). Dunthorne starb 1775 in Cambridge. Die Dunthorne'sche Methode zur Berechnung der Monddistanzen ist unter den strengen Formeln die einfachste. Sie erfordert aber eine Berücksichtigung des Zeichenwechsels für $\cos d$, wenn d grösser als 90° ist. Auch setzt sie den Gebrauch einer Tafel für die s. g. natürlichen oder nichtlogarithmischen Sinus voraus.

Um den Zeichenwechsel zu vermeiden, führte Mackay * die sinus versus für die Dunthorne'sche Formel ein, und da $\sin\text{vers}\, d = 1 - \cos d$, so wird sie hiermit:

$$3)\quad \sin\text{vers}\, d' = \sin\text{vers}\,(s' - m') + \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}\{\sin\text{vers}\, d - \sin\text{vers}\,(s - m)\}.$$

Statt der Höhenunterschiede lassen sich auch die Summen der Höhen einführen, indem man etwa die identische Gleichung $0 = \cos s' \cos m' - \cos s' \cos m'$ von der Grundgleichung 1) subtrahirt. Man erhält demnach:

$$4)\quad \cos d' = -\cos(s' + m') + \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}\{\cos d + \cos(s + m)\}$$

und wenn man für die Summe der cos das bekannte Product setzt:

$$5)\quad \cos d' = -\cos(s' + m') + 2\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cdot \cos\frac{1}{2}(s + m + d)\cos\frac{1}{2}(s + m - d)$$

Das ist die Methode, welche Fuss ** allen andern vorzog. Auch Lalande (*Astr.* §. 4191) urtheilt eben so günstig darüber, schreibt die Formel aber Delambre zu. Sie ist übrigens wahrscheinlich von Lexell zuerst gegeben in der Abhandlung, welche zu den besten unter den ältern Schriften über das Längenproblem gehört: Observationes circa methodum inveniendi longitudinem. Auctore Lexell. Acta acad. Petr. pr. A. 1777. Pars posterior, p. 350, wo die Formel mittelst der Zenithdistanzen und der halben Summe (s) der Dreiecksseiten (a, b, c) so geschrieben wird:

$$\cos c' = \cos(a' + b') + 2\sin s \sin(s - c)\frac{\sin a' \sin b'}{\sin a \sin b}.$$

In der *Astronomie* von Delambre, Paris 1814, T. III, p. 619, ist es die 5. Formel, welche dort indessen nicht besonders vorgezogen ist. Die Entwickelung der Differenz der cos in der Dunthorne'schen Formel giebt

$$6)\quad \cos d' = \cos(s' - m') - 2\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}\sin\frac{1}{2}(d + m - s)\sin\frac{1}{2}(d + s - m).$$

---

* Andrew Mackay: *The theory and practise of finding the longitude*, London 1793. Lalande *Bibliogr. astron.* p. 728. J. H. van Swinden; Verhandeling over het bepaalen der lengte etc. 4. Edit. Amsterdam 1802, p. 326.

** Nicol. Fuss: *Réflexions sur les principales méthodes de corriger les distances apparentes etc.*, p. 336, in den Acta acad. Petropol. pr. A. 1779. Pars prior.

Um die Formeln ganz für die logarithmische Rechnung einzurichten, kann man schon in 5) setzen:

$$7)\quad \cos v = 2\,\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cos\frac{1}{2}(s+m+d)\cos\frac{1}{2}(s+m-d),$$

so wird

$$\cos d' = 2 \sin\frac{1}{2}(s'+m'+v)\sin\frac{1}{2}(\sin+m'-v)$$

oder wenn in 6) gesetzt wird:

$$8)\quad \cos w = 2\,\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \sin\frac{1}{2}(d+m-s)\sin\frac{1}{2}(d+s-m)$$

$$\cos d' = 2 \sin\frac{1}{2}(w+m'-s')\sin\frac{1}{2}(w+s'-m').$$

Für kleine Werthe von d wird die Bestimmung durch $\cos d$ ungenau. Um also zu dem Sinus überzugehen, können die beiden Seiten der Gleichung 5) von der Einheit subtrahirt werden, wodurch man links $2 \sin\frac{1}{2} d'^2$ erhält, und auf der rechten Seite $2 \cos\frac{1}{2}(s'+m')^2$ als gemeinsamen Factor einführen kann. Es wird also

$$2 \sin\frac{1}{2} d'^2 = 2 \cos\frac{1}{2}(s'+m')^2 \cdot \left\{1 - \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cdot \frac{\cos\frac{1}{2}(s+m+d)\cos\frac{1}{2}(s+m-d)}{\cos\frac{1}{2}(s'+m')^2}\right\}.$$

Nun kann die eingeklammerte Grösse nicht negativ werden, weil sonst das Resultat imaginär würde. Man kann daher den letzten Theil, welcher demnach ein Bruch sein muss, einem Sinus oder Cosinus gleichsetzen. Das giebt mithin:

$$9)\quad \sin A^2 = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}\;\frac{\cos\frac{1}{2}(s+m+d)\cos\frac{1}{2}(s+m-d)}{\cos\frac{1}{2}(s'-m')^2}$$

gesetzt,

$$\sin\frac{1}{2} d' = \cos\frac{1}{2}(s'+m')\cos A.$$

Das ist die Formel von Borda, welche also ganz zur logarithmischen Rechnung eingerichtet ist, und da sie $\frac{1}{2} d$ bestimmt, so entsteht durch den Sinus keine Ungenauigkeit, wenn d nahe an 90° ist. Eine andere Unsicherheit muss aber entstehen, wenn A nahe an 90° ist, in Folge von sehr kleinen Höhen und kleiner Distanz. Die Borda'sche Formel wurde schon im J. 1778 * empfohlen

* Nahe um diese Zeit erschien auch die schöne Abhandlung von Lexell: Observationes circa methodum inveniendi longitudinem etc. Acta Petr. pr. A. 1777. Pars posterior. Petropoli 1780, p. 343 seqq. Lexell bezeichnet

in der *Voyage fait par ordre du Roi en 1771 et 1772 par MM.* DE VERDUN, DE BORDA et PINGRÉ, Paris 1778 (LALANDE *Bibliogr. astron.* p. 562) und findet sich daselbst im ersten Bande, S. 367 (VAN SWINDEN Verhandeling over het bepaalen der lengte etc. Amsterdam 1802, p. 305). BORDA, gestorben 1799 in Paris als Divisionschef im Marineministerium, hatte an den bezeichneten und späteren Seereisen (1778) theilgenommen, um die Methoden und Instrumente für die geographische Ortsbestimmung zu prüfen. Seine Berechnungsmethode für die Monddistanzen scheint besonders verbreitet worden zu sein durch die *Description et usage du cercle de réflexion par M. le chevalier* DE BORDA, Paris 1787, wo sie auf S. 76 angeführt wird. Man schätzt an der BORDA'schen Formel, dass sie für die rein logarithmische Rechnung eingerichtet ist und keinen Zeichenwechsel haben kann, auch die Bestimmung durch $\sin\frac{1}{2}d$ für kleine Distanzen sicher bleibt. Die Unsicherheit, welche aber bei der Bestimmung von A eintreten kann, ist schon oben erwähnt.

Eine kleine Veränderung der BORDA'schen Formel, welche von MACKAY eingeführt sein wird, ist gleichfalls sehr verbreitet. Sie besteht darin, den Nenner des obigen Bruches $\cos\frac{1}{2}(s'+m')^2$ wegzulassen und das übrige einem Sinus gleichzusetzen, welches aus dem angegebenen Grunde immer möglich ist. Setzt man also

$$\sin B^2 = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cos\frac{1}{2}(s+m+d) \cos\frac{1}{2}(s+m-d),$$

---

die wahre Distanz mit c', die scheinbare mit c, die scheinbaren Zenithdistanzen mit a und b, die wahren mit a' und b'. Die §. 5 daselbst gegebenen Ausdrücke, wovon der zweite mit der BORDA'schen Formel identisch ist, sind folgende, in welchen s zur Abkürzung für $\frac{1}{2}(a+b+c)$ gesetzt wird:

$$1)\quad \begin{cases} \operatorname{tang} A^2 = \dfrac{\sin a' \sin b'}{\sin a \sin b} \dfrac{\sin(s-a)\sin(s-b)}{\sin\frac{1}{2}(a'-b')^2} \\[2ex] \sin\frac{1}{2}c' = \sin\frac{1}{2}(a'-b') \sec A \end{cases}$$

$$2)\quad \begin{cases} \cos B^2 = \dfrac{\sin a' \sin b'}{\sin a \sin b} \cdot \dfrac{\sin s \sin(s-c}{\sin\frac{1}{2}(a'+b')^2} \\[2ex] \sin\frac{1}{2}c' = \sin\frac{1}{2}(a'+b') \sin B \end{cases}$$

$$3)\quad \begin{cases} \cos C^2 = \dfrac{\sin a' \sin b'}{\sin a \sin b} \dfrac{\sin(s-a)\sin(s-b)}{\cos\frac{1}{2}(a'-b')^2} \\[2ex] \cos\frac{1}{2}c' = \cos\frac{1}{2}(a'-b') \sin C \end{cases}$$

$$4)\quad \begin{cases} \operatorname{tang} D^2 = \dfrac{\sin a' \sin b'}{\sin a \sin b} \dfrac{\sin s \cdot \sin(s-c)}{\cos\frac{1}{2}(a'+b')^2} \\[2ex] \cos\frac{1}{2}c' = \cos\frac{1}{2}(a'+b') \sec D. \end{cases}$$

In der vorletzten Formel ist hier sin C statt cos C, welches ein Druckfehler sein wird, geschrieben.

so ist das vorige $\sin A \cos \frac{1}{2}(s'+m') = \sin B$, $\cos A^2 = 1 - \frac{\sin B^2}{\cos \frac{1}{2}(s'+m')^2}$,

$\sin \frac{1}{2} d'^2 = \cos \frac{1}{2}(s'+m')^2 - \sin B^2$ oder wegen $\cos a^2 - \sin b^2$
$= \cos(a+b)\cos(a-b)$, auch $\sin \frac{1}{2} d'^2 = \cos\left\{\frac{1}{2}(s'+m') + B\right\}$
$\left\{\cos \frac{1}{2}(s'+m') - B\right\}$.

Man hat daher für die veränderte BORDA'sche Formel:

$$10)\quad \sin B^2 = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cos \frac{1}{2}(s+m+d) \cos \frac{1}{2}(s+m-d)$$

$$\sin \frac{1}{2} d'^2 = \cos\left(\frac{s'+m'}{2} + B\right) \cos\left(\frac{s'+m'}{2} - B\right).$$

Um die zugeordnete Formel für $\cos \frac{1}{2} d'$ zu erhalten, welche für Distanzen über 90° vorzuziehen wäre und auch mehrfach empfohlen wurde, liesse sich in der Formel 6) zu beiden Seiten 1 addiren, wodurch

$$\cos d' + 1 = \cos(s'-m') + 1$$
$$- 2 \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \sin \frac{1}{2}(d+m-s) \sin \frac{1}{2}(d+s-m)$$

$$\cos \frac{1}{2} d'^2 = \cos \frac{1}{2}(s'-m')^2 - \sin C^2$$

gesetzt, giebt demnach:

$$11)\quad \sin C^2 = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \sin \frac{1}{2}(d+m-s) \sin \frac{1}{2}(d+s-m)$$

$$\cos \frac{1}{2} d'^2 = \cos\left(\frac{s'-m'}{2} + C\right) \cos\left(\frac{s'-m'}{2} - C\right).$$

Diese Formel wurde von MASKELYNE angegeben in den *Tables requisite to be used with the Naut. alm.* (London 1781), wo sie VAN SWINDEN (Verhandeling etc. p. 327) ohne Beweis angegeben fand und sie nach der englischen Quelle die neue oder verbesserte DUNTHORNE'sche Formel nannte. Sie wurde auch von KLÜGEL wieder gefunden, und empfohlen im Berliner Astron. Jahrb. f. 1808, p. 243. KLÜGEL theilt noch eine andere Form mit aus P. KELLY: *A practical introduction to spherics and nautical astronomy*, London 1796, nämlich

$$Q^2 = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \sin \frac{1}{2}(d+s-m) \sin \frac{1}{2}(d+m-s)$$

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{Q}{\sin \frac{1}{2}(s'-m')}$$

$$\sin \frac{1}{2} d' = \frac{Q}{\sin \eta},$$

welches mit einer kleinen Veränderung die erste der schon angeführten 4 Formeln von LEXELL ist, auf die wir später bei den von Dr. BREMIKER vorgeschlagenen Formeln zurückkommen. KLÜGEL nennt sie eine Abänderung der von BORDA und FUSS gegebenen Formeln und scheint daher die ältere vortreffliche Abhandlung von LEXELL übersehen zu haben.

Statt die Rechnung rein logarithmisch zu machen, konnte man aber auch zweckmässig umgekehrt sie ganz von den Logarithmen zu befreien suchen bis etwa auf die Berechnung eines Hülfswinkels, für welchen übrigens eine besondere Tafel zur Ersparung der Rechnung geschaffen wurde. Setzt man nämlich:

$$\frac{1}{2}\,\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} = \cos p\,,$$

so wird die DUNTHORNE'sche Formel:

$$\cos d' = \cos(s'-m') - 2\cos p \cos(s-m) + 2\cos p \cos d'$$

und wegen $2\cos a \cos b = \cos(a+b) + \cos(a-b)$

$$\cos d' = \cos(s'-m') - \cos(p+s-m) - \cos(p+m-s) + \cos(d+p) + \cos(d-p)$$

oder um zur Vermeidung des Zeichenwechsels die Sinusversus einzuführen, wonach $\cos a = 1 - \sin\text{vers}\, a$, so hat man mit Weglassung der sich aufhebenden Einheiten:

$$12)\quad \cos p = \frac{1}{2}\,\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}$$

$$\sin\text{vers}\, d' = \sin\text{vers}(s'-m') + \sin\text{vers}(d+p) + \sin\text{vers}(d-p) - \sin\text{vers}(p+s-m) - \sin\text{vers}(p+m-s)\,,$$

eine Formel, welche von Prof. W. L. KRAFFT * angegeben wurde in den Nov. Act. Petrop. T. VII ad annum 1789, Petropoli 1793, p. 370. Der Verfasser empfiehlt dabei die Berechnung einer Hülfstafel. Eine solche gab VAN SWINDEN (Verhandeling over het bepaalen de lengte etc. p. 77 bis 88) für den Winkel p, welcher in der Tafel von $60^\circ\, 0'\, 44''$ bis $60^\circ\, 34'\, 37''$ sich erstreckt, indem die Mondshöhe von 3° bis 90° angenommen wird. Für die Sonnen- oder Sternshöhen sind kleine Correctionstafeln hinzugefügt. Diese KRAFFT'sche Methode der Berechnung der Monddistanzen ist namentlich bei den Niederländern vielfach in Gebrauch. Sie erfordert eine Sinusversustafel, welche von MACKAY von 10 zu 10 Secunden berechnet wurde.

Es wurde nun ferner, wie es scheint, darauf Bedacht genommen, die Zeichen der Sinusversus in der Formel von KRAFFT alle positiv zu machen und die

---

* *Méthode à la portée des navigateurs pour réduire en distance vraie la distance apparente de la lune au soleil ou à une étoile fixe.* Par M. KRAFFT. *Présenté à l'Academie le 12 Mai 1791.* Abgedruckt in dem angeführten Bande ad annum 1789. KRAFFT bemerkt auch über den eingeführten Hülfswinkel p, dass $\cos p = 0{,}5001343 \cdot \frac{\cos m'}{\cos m}$ sei, da bei dem Sterne nämlich die Refraction allein in Betracht kommt, wo das Verhältniss $\frac{\cos s'}{\cos s}$ constant wird für eine bestimmte (mittlere) Refraction.

Formel selbst etwas zu verändern. Man konnte hierzu nämlich auch die Formel 4) benutzen, wonach:

$$\cos d' = -\cos(s'+m') + \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \{\cos d + \cos(s+m)\}$$

und dieselbe wie oben behandeln, indem wieder

$$\frac{1}{2}\,\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} = \cos p$$

gesetzt wird, so dass

$$\cos d' = -\cos(s'+m') + 2\cos p \cos d + 2\cos p \cos(s+m)$$

oder

$$= -\cos(s'+m') + \cos(d+p) + \cos(s+m+p) + \cos(s+m-p),$$

also nach der Substitution von $\cos = 1 - \text{sin vers}$, zunächst

$$\begin{aligned}\text{sin vers}\, d' = & -\text{sin vers}\,(s'+m') + \text{sin vers}\,(d+p) + \text{sin vers}\,(d-p) \\ & + \text{sin vers}\,(s+m+p) + \text{sin vers}\,(s+m-p) - 2,\end{aligned}$$

worin nur noch ein Minuszeichen des Sinusversus vorkommt, oder wegen $-\text{sin vers}\,(s'+m') = \text{sin vers}\,(180 - s' - m') - 2$, das Resultat:

$$13)\quad \cos p = \frac{1}{2}\,\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}$$

$$\begin{aligned}\text{sin vers}\, d' = & \;\text{sin vers}\,(180 - s - m) + \text{sin vers}\,(d+p) + \text{sin vers}\,(d-p) \\ & + \text{sin vers}\,(s+m+p) + \text{sin vers}\,(s+m-p) - 4.\end{aligned}$$

Das ist die Formel, welche MENDOZA mit Hülfstafeln für den Winkel p (bei ihm B genannt) einführte* (1795). Aus der *Connaissance des temps pour l'an VI* (1798), Paris 1796, lernte VAN SWINDEN diese Arbeit kennen und bemerkte darüber (Verhandeling etc. p. 104), dass er um dieselbe Zeit eine ausführlichere Hülfstafel zu der 3. Ausgabe seines angeführten Buches über die Längenbestimmung fertig gedruckt gehabt habe, ferner dass MENDOZA während seiner Anwesenheit in Amsterdam manche Besprechungen mit ihm und Prof. NIEUWLAND über die Breitenbestimmung aus zwei Höhen, sowie über die Längenbestimmung nach KRAFFT's Methode gehabt habe, und dass dem MENDOZA viele Papiere von NIEUWLAND über diese Gegenstände ohne Rückhalt mitgetheilt worden seien.

Von MENDOZA erschien ferner: *Tables for facilitating the calculation of nautical astronomy etc. by* JOSEPH DE MENDOZA RIOS, Esq. F. R. S. London 1801, worin auch Sinusversustafeln von 0 bis 180 Graden. Spätere Ausgaben hiervon folgten in den J. 1805 und 1812, ebenfalls in London.

In der angeführten Schrift von MENDOZA (Madrid 1795) wird auch eine

* *Memoria sobre algunos métodos nuevos de calcular la longitud por las distancias lunares etc.* Por DON JOSÉ DE MENDOZA Y RIOS, *Capitan de Navio de la Real Armada, individuo de la Real Sociedad de Lóndres, y correspondiente de las Reales Academias de las Ciencias de Paris y de Lisboa.* Madrid 1795.

Methode des Doctor MASKELYNE mitgetheilt, aus der Einleitung zu TAYLOR's Logarithmen (London 1792, p. 60); es ist die Formel:

$$\tang M^2 = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \frac{\sin \frac{1}{2} (d + m - s) \sin \frac{1}{2} (d + s - m)}{\sin \frac{1}{2} (m' - s')^2},$$

$$\sin \frac{1}{2} d' = \sin \frac{1}{2} (m' - s') \sec M.$$

MENDOZA hält sie mit Recht für etwas genauer (*algo mas exâcto*) als die Formel von BORDA, wegen der Bestimmung durch die Tangente. Die Formel ist übrigens identisch mit der ersten Formel von LEXELL, so wie die BORDA'sche Formel die zweite LEXELL'sche ist. Die 3. und 4. Formel von LEXELL konnte sich für die Anwendung übrigens empfehlen bei Distanzen, welche grösser als 90 Grade sind, wegen der Bestimmung durch den Cosinus der halben Distanz, und die 4. Formel von LEXELL bestimmt überdies den Hülfswinkel mittelst der Tangente.

Der Zweck, das Zeichen des Sinusversus überall positiv zu machen, wie in der Methode von MENDOZA, hätte sich freilich auch unmittelbar durch die KRAFFT'sche Formel erreichen lassen, wenn darin sin vers $x = 2 -$ sin vers $(180 - x)$ gesetzt wird. Die Formel wird dann:

$$14) \quad \cos p = \frac{1}{2} \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}$$

$$\begin{aligned} \sin\text{vers}\, d' = {} & \sin\text{vers}\,(s' - m') + \sin\text{vers}\,(d + p) + \sin\text{vers}\,(d - p) \\ & + \sin\text{vers}\,(180 - p - s + m) + \sin\text{vers}\,(180 - p - m + s) - 4, \end{aligned}$$

aber man sieht hieraus, warum die Formel 13) vorgezogen wurde. MENDOZA schreibt *suseno verso* x für sin vers $(180 - x)$. In spätern englischen Tafeln ist suversed sine daraus geworden.

Die logarithmischen Sinusversus gebrauchte WILSON (1784) zur Reduction der Monddistanzen, indem er nach einer Formel rechnete, die aus der oben mit 6 bezeichneten, durch Subtraction von der Einheit erhalten wird, nämlich:

$$\begin{aligned} \sin\text{vers}\, d' & = \sin\text{vers}\,(s' - m') + 2 \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \sin \frac{1}{2} (d + m - s) \sin \frac{1}{2} (d + s - m) \\ & = \sin\text{vers}\,(s' - m') + A \text{ abgekürzt.} \end{aligned}$$

WILSON setzt nun A als gemeinsamen Factor, so dass:

$$\sin\text{vers}\, d' = A \left(1 + \frac{\sin\text{vers}\,(s' - m')}{A}\right) = A\,(1 + \tang B^2) = A \sec B^2.$$

S. WILLIAM WILSON: *Elements of navigation* 1784; C. C. PETERSEN: Forsög til en praktisk Afhandling om Längdens Beregning etc. Kiöbenhavn 1792, p. 112.

Bemerkenswerth unter den directen Methoden zur Reduction der Monddistanzen ist auch noch eine Formel des russischen Astronomen SIMONOFF, welche

den Betrag des Cosinus der wahren Distanz in drei getrennten Gliedern giebt, worunter zwei von sehr geringer Quantität sind. Aus der Grundgleichung 1) nämlich ergiebt sich diese Umformung:

$$\cos s \cos m \cos d' = \cos s' \cos m' \cos d + \cos s \cos m \sin s' \sin m' - \cos s' \cos m' \sin s \sin m$$

$$= \cos s \cos m' \cos d + \frac{1}{4} \{\sin(s'+s) + \sin(s'-s)\} \cdot \{\sin(m'+m) + \sin(m'-m)\} - \frac{1}{4} \{\sin(s'+s) - \sin(s'-s)\} \cdot \{\sin(m'+m) - \sin(m'-m)\}.$$

daher also:

$$15)\quad \cos s \cos m \cos d' = \cos s' \cos m' \cos d + \frac{1}{2} \sin(m'-m) \sin(s'+s) - \frac{1}{2} \sin(s-s') \sin(m'+m).$$

Diese Formel von Simonoff wird als eine der besten empfohlen in dem Lehrbuche: *Astronomy*, London 1832, p. 227, einem Theile der *Library of useful knowledge.* Der ungenannte Verfasser (Rothmann?) wünscht, dass eine besondere Hülfstafel zur Erleichterung der Rechnung nach der Simonoff'schen Formel hergestellt werden möchte, um den kleinen Betrag der beiden letzten Glieder aus dieser Tafel entnehmen zu können.

Um mit dem Verzeichnisse der directen Methoden abzuschliessen, kommen wir auf die schon in einer Anmerkung erwähnten beiden Formeln von Lexell zurück, welche den Hülfswinkel durch die Tangente bestimmen. Ausser Maskelyne und Mendoza Rios, Kelly und Klügel, von denen die erste dieser Formeln wieder aufgenommen wurde, hat neuerdings Dr. Bremiker (Astr. Nachr. 1850, Bd. 30, p. 311) auf beide Formeln besonders aufmerksam gemacht und sie zugleich so zerlegt gegeben, wie sie für eine scharfe Rechnung am geeignetsten sind, indem sie eine Wahl des Sinus oder Cosinus gestatten. Dr. Bremiker empfiehlt diese Formeln wegen der geringen Fehlergrenze, welche sie im Resultate darbieten, wenn man diese Grenze in Bezug auf die anzuwendenden Logarithmentafeln untersucht und dabei von der Unsicherheit der letzten Decimalstelle ausgeht (vergl. Gauss Theoria motus, p. 26).

Zur Herleitung der Formeln von Lexell kann hier in der Formel 6), nämlich:

$$\cos d' = \cos(s'-m') - 2\,\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \sin \frac{1}{2}(d+m-s) \sin \frac{1}{2}(d+s-m)$$

$$\cos d' = \cos(s'-m') - 2\,t^2$$

gesetzt werden, wonach

$$1 - \cos d' = 1 - \cos(s'-m') + 2\,t^2$$

$$\sin \frac{1}{2} d'^2 = \sin \frac{1}{2}(s'-m')^2 + t^2;$$

dann ferner

$$\frac{\sin\frac{1}{2}d'^2}{t^2} = 1 + \frac{\sin\frac{1}{2}(s'-m')^2}{t^2} = 1 + \operatorname{tg} u^2 = \sec u^2$$

gesetzt, also

$$\sin\frac{1}{2}d' = \frac{t}{\cos u} \quad \text{und da} \quad \frac{1}{\cos u} = \frac{\operatorname{tg} u}{\sin u} = \frac{\sin\frac{1}{2}(s'-m')}{t\sin u},$$

auch

$$\sin\frac{1}{2}d' = \frac{\sin\frac{1}{2}(s'-m')}{\sin u}.$$

Man hat demnach:

$$16)\ t^2 = \frac{\cos s'\cos m'}{\cos s\cos m}\sin\frac{1}{2}(d+m-s)\sin\frac{1}{2}(d+s-m)$$

$$\operatorname{tg} u = \frac{\sin\frac{1}{2}(s'-m')}{t}$$

$$\sin\frac{1}{2}d' = \frac{\sin\frac{1}{2}(s'-m')}{\sin u} = \frac{t}{\cos u}.$$

Die zugeordnete oder 4. LEXELL'sche Formel, welche auf die Bestimmung durch den Cosinus ausläuft, ergiebt sich in ähnlicher Weise vermittelst der Formel 5), wonach:

$$\cos d' = -\cos(s'+m') + 2\frac{\cos s'\cos m'}{\cos s\cos m}\cos\frac{1}{2}(s+m+d)\cos\frac{1}{2}(s+m-d)$$

oder

$$\cos d' = -\cos(s+m) + 2v^2$$

zur Abkürzung

$$1 + \cos d' = 1 - \cos(s'+m') + 2v^2$$

$$2\cos\frac{1}{2}d'^2 = 2\sin\frac{1}{2}(s'+m')^2 + 2v^2$$

$$\frac{\cos\frac{1}{2}d'^2}{v^2} = 1 + \frac{\sin\frac{1}{2}(s'+m')^2}{v^2} = 1 + \operatorname{tg} w^2 = \sec w^2$$

$$\cos\frac{1}{2}d' = \frac{v}{\cos w}, \qquad \frac{1}{\cos w} = \frac{\operatorname{tg} w}{\sin w} = \frac{\sin\frac{1}{2}(s'+m')}{v\sin w}$$

$$\cos\frac{1}{2}d' = \sin\frac{\frac{1}{2}(s'+m')}{\sin w}.$$

Die zu berechnenden Formeln werden daher:

$$17)\ v^2 = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cos \frac{1}{2}(s+m+d) \cos \frac{1}{2}(s+m-d)$$

$$\operatorname{tg} w = \frac{\sin \frac{1}{2}(s'+m')}{v}$$

$$\cos \frac{1}{2} d' = \frac{\sin \frac{1}{2}(s'+m')}{\sin w} = \frac{v}{\cos w},$$

und die Formeln 16) oder 17) sind anzuwenden, je nachdem die Distanz kleiner oder grösser als 90° ist, um die schärfste Bestimmung zu erhalten.

2. Näherungsmethoden für die Berechnung der Monddistanzen.

Da der Unterschied zwischen der wahren und scheinbaren Distanz immer nur eine kleine Grösse ist $(d'-d)$, welche höchstens so gross als die Summe von Parallaxe und Refraction oder der Gesammtbetrag der Unterschiede $(s-s')$ und $(m'-m)$ werden kann, so bietet sich eine gewisse Abkürzung der Rechnung dar, wenn man die Differenz $(d'-d)$ als die unbekannte Grösse behandelt, in Beziehung zu den andern kleinen Grössen $(s-s')$ und $(m'-m)$.

Das älteste Verfahren zur genäherten Berechnung der wahren Distanz, welches schon Lacaille angab, besteht darin, die Winkel an beiden Gestirnen zu berechnen, welche zwischen den Verticalkreisen und dem Distanzbogen enthalten sind; dann die Correction der Höhe wegen Refraction und Parallaxe als Hypotenuse eines ebenen Dreiecks zu behandeln und mit dem berechneten Winkel die anliegende Kathete als Correction der scheinbaren Distanz bei beiden Gestirnen zu bestimmen. Man hatte damit, wenn $s-s'=\delta$, $m'-m=\lambda$ und die Winkel an den scheinbaren Oertern der Gestirne S und M sind, nach Lacaille's Methode die Formeln zu berechnen:

$$18)\quad d' = d + \delta \cos S - \lambda \cos M$$

$$\sin \frac{1}{2} S^2 = \frac{\cos \frac{1}{2}(d+s+m) \sin \frac{1}{2}(d+s-m)}{\cos s \sin d}$$

$$\sin \frac{1}{2} M^2 = \frac{\cos \frac{1}{2}(d+m+s) \sin \frac{1}{2}(d+m-s)}{\cos m \sin d},$$

wobei die Vorzeichen der Cosinus zu berücksichtigen sind; und mit diesen beiden Correctionen begnügte man sich anfangs *. Das Verfahren hat etwas geometrisch Uebersichtliches und grosse Fehler können dabei nicht vorkommen. Eine dritte Correction aber hielt man bald doch zu berücksichtigen erforderlich **

* Lacaille's Ausgabe von Bouguer's *Nouveau Traité de navigation.* Paris 1760 ff.
** Zuerst, wie es scheint, von Maskelyne, *Philos. Tr. f. 1764*, p. 271.

wegen der Grösse von λ auf der Seite des Mondes. Nicht weil man die kleinen Hülfsdreiecke als geradlinige betrachtet hatte, sondern weil die Richtung des Bogens, welcher den gesuchten Unterschied zwischen der scheinbaren und wahren Distanz abschneiden sollte, nicht genau genug mit der Richtung der andern Kathete des kleinen Dreiecks zusammenfällt, ausgenommen wenn der Distanzbogen nahe an 90° ist. Denn man könnte bei der Formel 18) die Vorstellung zu Grunde legen, dass z. B. in Beziehung auf $\lambda \cos M$ ein Bogen von der Grösse der wahren Distanz im Zirkel gefasst und um den wahren Ort des andern Gestirns als Centrum beschrieben nahe genug zusammenfallen werde mit dem Perpendikel $\lambda \sin M$, welches nur zutrifft, wenn die Distanz sich dem Werthe von 90° nähert. Bezeichnet man die in dieser Hinsicht erforderliche Correction vorläufig als eine 3., so wird der vollständige Ausdruck:

$$d' = d + \delta \cos S - \lambda \cos M + 3. \text{ Corr.}$$

Es unterscheiden sich nun die Näherungsmethoden, ihrer grössern Zahl nach, nur in der Form, wie die Werthe von $\cos S$ und $\cos M$ bestimmt werden. Statt z. B. die Winkel S und M selbst zu berechnen, wie LACAILLE anwies, bedient sich LYONS * des rationalen Ausdrucks ihrer Cosinus, so dass nach der Methode von LYONS:

$$d' = d + \delta \frac{\sin m - \sin s \cos d}{\cos s \sin d} - \lambda \frac{\sin s - \sin m \cos d}{\cos m \sin d} + 3. \text{ Corr.}$$

oder getrennt geschrieben, wie LYONS es für die Rechnung einrichtete:

$$19) \quad d' = d + \delta \left(\frac{\sin m}{\cos s \sin d} - \operatorname{tg} s \operatorname{cotg} d\right)$$

$$- \lambda \left(\frac{\sin s}{\cos m \sin d} - \operatorname{tg} m \operatorname{cotg} d\right) + 3. \text{ Corr.}$$

Um die Verschiedenheit der Zeichen zu vermeiden bei spitzen und stumpfen Winkeln, liess sich $\cos S = 1 - 2 \sin \frac{1}{2} S^2$ und $\cos M = 1 - 2 \sin \frac{1}{2} M^2$ setzen, wodurch

$$20) \quad d' = d + \delta - \lambda - 2\delta \sin \frac{1}{2} S^2 + 2\lambda \sin \frac{1}{2} M^2 + 3. \text{ Corr.}$$

$$\sin \frac{1}{2} S^2 = \frac{\cos \frac{1}{2} (s + m + d) \sin \frac{1}{2} (s + d - m)}{\cos s \sin d}$$

$$\sin \frac{1}{2} M^2 = \frac{\cos \frac{1}{2} (s + m + d) \sin \frac{1}{2} (m + d - s)}{\cos m \sin d}.$$

---

* *Tables to be used with the Astronomical and Nautical Ephemeris*, London 1766, P. 44; N. FUSS *Réflexions sur les principales méthodes de corriger les distances etc.* Act. Petropol. p. A. 1779. — ISRAEL LYONS, gest. 1775 in London, war Rechner am *Board of Longitude*.

Durch die Einführung der Quadrate wird also der Zeichenwechsel vermieden, welcher vorher von dem Cosinus der Winkel abhing. Die Formel 20) wird gewöhnlich als eine Methode von MENDOZA bezeichnet (*A complete epitome of pract. navig. etc.* By J. W. NORIE, 15^te^ (stereot.) Edit. London 1852, p. 266). Sie findet sich auch in DELAMBRE's *Astronomie* 3. Th., Paris 1814, p. 624 mit einem Zusatze zur Berechnung der Grössen 2. Ordnung, wozu die oben vorläufig angedeutete 3. Corr. gehört.

Man hätte die Quadrate für den Ausdruck der Winkelfunctionen auch anders einführen können, wenn damit andere Vortheile zu erreichen wären, etwa eine grössere Gleichförmigkeit der Zeichen. Wählt man $\cos S = 1 - 2 \sin \frac{1}{2} S^2$ und $\cos M = 2 \cos \frac{1}{2} M^2 - 1$, also:

$$d' = d + \delta \left(1 - 2 \sin \frac{1}{2} S^2\right) - \lambda \left(2 \cos \frac{1}{2} M^2 - 1\right),$$

so ist:

$$21) \quad d' = d + \delta + \lambda - 2\delta \sin \frac{1}{2} S^2 - 2\lambda \cos \frac{1}{2} M^2 + 3.\ \text{Corr.}$$

$$\sin \frac{1}{2} S^2 = \frac{\cos \frac{1}{2}(s + m + d) \sin \frac{1}{2}(s + d - m)}{\cos s \sin d}$$

$$\cos \frac{1}{2} M^2 = \frac{\cos \frac{1}{2}(s + m - d) \sin \frac{1}{2}(s + d - m)}{\cos m \sin d}.$$

Ferner auch umgekehrt $\cos S = 2 \cos \frac{1}{2} S^2 - 1$ und $\cos M = 1 - 2 \sin \frac{1}{2} M^2$ gesetzt, giebt:

$$d' = d + \delta \left(2 \cos \frac{1}{2} S^2 - 1\right) - \lambda \left(1 - 2 \sin \frac{1}{2} M^2\right)$$

$$22) \quad d' = d - \delta - \lambda + 2\delta \cos \frac{1}{2} S^2 + 2\lambda \sin \frac{1}{2} M^2 + 3.\ \text{Corr.}$$

$$\cos \frac{1}{2} S^2 = \frac{\cos \frac{1}{2}(s + m - d) \sin \frac{1}{2}(m + d - s)}{\cos s \sin d}$$

$$\sin \frac{1}{2} M^2 = \frac{\cos \frac{1}{2}(s + m + d) \sin \frac{1}{2}(m + d - s)}{\cos m \sin d},$$

die von BOWDITCH * (1. Meth.) gewählte Form, welche er durch Hülfstafeln für

* NATHANIEL BOWDITCH (gest. 1838 in Boston): *The new american practical navigator*, Boston 1800: 12. stereot Ausg. New-York 1841, p. 232.

die Werthe $\frac{2\,\delta}{\cos s}$ und $\frac{2\,\lambda}{\cos m}$, nebst Zuschuss einer Constante von 2 Graden, eingerichtet hat, um alle Correctionen positiv zu machen.

Endlich noch $\cos S = 2 \cos \frac{1}{2} S^2 - 1$ und $\cos M = 2 \cos \frac{1}{2} M^2 - 1$ gewählt, so wird:

$$d' = d + \delta\left(2 \cos \frac{1}{2} S^2 - 1\right) - \lambda\left(2 \cos \frac{1}{2} M^2 - 1\right)$$

und daher:

$$23)\quad d' = d - \delta + \lambda + 2\,\delta \cos \frac{1}{2} S^2 - 2\,\lambda \cos \frac{1}{2} M^2 + 3.\ \text{Corr.}$$

$$\cos \frac{1}{2} S^2 = \frac{\cos \frac{1}{2}(s + m - d) \sin \frac{1}{2}(m + d - s)}{\cos s \sin d},$$

$$\cos \frac{1}{2} M^2 = \frac{\cos \frac{1}{2}(s + m - d) \sin \frac{1}{2}(s + d - m)}{\cos m \sin d}.$$

Diese Formel ist eine der bequemsten, wenn man die Zenithdistanzen statt der Höhen anwendet, wodurch die Bildung zweier Reste wegfällt. So hat sie auch Bowditch als seine (3.) Methode vorgeschlagen (a. a. O. p. 243). Die Rechnung wird dann mit lauter Sinus geführt.

Eine beliebtere Methode ist noch die folgende von Witchell* geworden, obgleich sie den Vortheil der Unveränderlichkeit der Zeichen mit den letzten Formeln nicht gemein hat. Witchell bestimmt die Cosinus der Winkel mittelst eines Hülfsbogens (A), dessen Hälfte zu der scheinbaren Distanz addirt und auch davon subtrahirt wird, um die Katheten zweier Dreiecke zu bilden, deren Hypotenusen die scheinbaren Zenithdistanzen sind, und worin die eingeschlossenen Winkel an den Gestirnen demnach durch die Formeln $\cos S = \operatorname{tg} s \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2} d + A\right)$, $\cos M = \operatorname{tg} m \operatorname{tg} \frac{1}{2}(d - A)$ berechnet werden. Es ist hier angenommen, dass die Mondhöhe die grössere von beiden Höhen ist, sonst würde es umzukehren sein, so dass zur Summe von $\frac{1}{2} d + A$ immer die kleinere Höhe, zur Differenz $\frac{1}{2} d - A$ aber die grössere Höhe gehört. Ungeachtet dieser erforderlichen Unterscheidung ist doch der Vortheil, die Berechnung der Cosinus nunmehr auf **rechtwinkelige** sphärische Dreiecke übertragen zu haben, be-

---

* Im *Nautical Almanac f. 1772*, im Suppl. als Rechnungsregel mitgetheilt. Fuss bemerkt darüber (Act. Petr. p. A. 1779): *Cette belle methode parait avoir échappé à M.* Lexell, *qui n'en parle.* — In Robertson's *Elements of navig.* (Wales' *Edit.* 1785) heisst es darüber: *But of all the methods which have yet been thought of for reducing the apparent distance to the true, the following one derived from that invented by Mr.* Witchell, *late head Master of the Royal Academy at Portsmouth, and printed in the Naut. Alm. f. 1772, is perhaps best adapted to the disposition and capacities of seamen in general; as it is very short, requires the logarithmes only to four places, which may allways be taken out at sight and yet the results will be sufficiently exact.* S. a. C. C. Petersen's Forsög til en praktisk Afhandling om Längdens Beregning etc. Kiöbenhavn 1792, p. 106.

deutend genug, da der Hülfsbogen (A) selbst durch die sehr bequeme NAPIER'sche Formel bestimmt werden konnte:

$$\operatorname{tg} A = \operatorname{cotg} \frac{1}{2}(m+s) \operatorname{tg} \frac{1}{2}(m-s) \operatorname{cotg} \frac{1}{2} d.$$

Man hat nämlich, nach der Bedeutung von A, als Abstand der Mitte der scheinbaren Distanz vom Fusspunkte eines von dem Zenith auf diese Distanz gefällten Perpendikels, zunächst:

$$\frac{\sin s}{\sin m} = \frac{\cos\left(\frac{1}{2} d + A\right)}{\cos\left(\frac{1}{2} d - A\right)}$$

und

$$\frac{1 - \frac{\sin s}{\sin m}}{1 + \frac{\sin s}{\sin m}} = \frac{\sin m - \sin s}{\sin m + \sin s} = \frac{2 \sin \frac{1}{2}(m-s) \cos \frac{1}{2}(m+s)}{2 \cos \frac{1}{2}(m-s) \sin \frac{1}{2}(m+s)}$$

$$= \operatorname{tg} \frac{1}{2}(m-s) \operatorname{cotg} \frac{1}{2}(m+s),$$

und wenn man den gleichwerthigen Bruch $\frac{\cos\left(\frac{1}{2} d + A\right)}{\cos\left(\frac{1}{2} d - A\right)}$ eben so behandelt, erhält man $\operatorname{tg} A \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} d$.

Die Formel von WITCHELL ist daher:

24) $$\operatorname{tg} A = \operatorname{cotg} \frac{1}{2}(m+s) \operatorname{tg} \frac{1}{2}(m-s) \operatorname{cotg} \frac{1}{2} d$$

$$d' = d + \delta \operatorname{tg} s \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2} d + A\right) - \lambda \operatorname{tg} m \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2} d - A\right) + 3. \text{ Corr.}$$

Sind die Höhen wenig von einander verschieden, so muss der Bogen A sehr klein werden. Sein Ausdruck durch die Tangente sichert die Bestimmung, und auch als Rechnungsschema bietet die Methode von WITCHELL eine recht geschmeidige Form. MASKELYNE bediente sich übrigens schon im J. 1761 in seinem Briefe von St. Helena der hier vorkommenden Formel zur Bestimmung des Hülfsbogens (A) und benutzte ihn in ähnlicher Weise für die Berechnung der Distanzcorrectionen, wobei jedoch die Wirkung der Refraction von der Parallaxenwirkung getrennt berechnet wurde (*Philos. Transact. f. 1762*, p. 558), ein Gegenstand, auf den noch weiter unten zurückzukommen ist, wo von der abgesonderten Berechnung der Refractionswirkung gehandelt wird.

Das Problem der Monddistanzen brachte auch eine besondere Form von Logarithmentafeln in allgemeineren Gebrauch, welche schon KEPLER durch die

RUDOLPHINI'schen Tafeln einführte, nämlich die logistischen oder Proportional-Logarithmen. MASKELYNE gab sie als die 15. Tafel in den *Requisite Tables.* Ihr nächster Zweck war hier, die Proportion leichter zu berechnen, welche bei dem Einschalten einer reducirten Distanz zwischen zwei gegebene Distanzen gemacht werden musste, um die der Distanz entsprechende Zeit des ersten Meridians zu finden. Da das Intervall 3 Stunden = 10800 Secunden beträgt, so heisst der Unterschied zwischen dem log 10800 und dem Logarithmen eines in Secunden ausgedrückten Bogens x, der Proportional-Logarithmus von x, also pr. $\log x = \log \frac{10800}{x}$. Demnach auch pr. $\log xy = \log \frac{1}{y} + \text{pr.} \log x$, nämlich $= \log \frac{1}{y} + \log \frac{10800}{x} = \log \frac{10800}{xy} = \text{pr.} \log xy$. Diese Verbindung wird nun ebenfalls bei den Näherungsmethoden der Monddistanzen benutzt, um kleine Bögen, die in Minuten und Secunden gegeben sind, nicht erst in Secunden zu verwandeln. Etwas entbehrlicher für diesen Zweck sind die Proportional-Logarithmen geworden, seit man in den gewöhnlichen Tafeln der Logarithmen die Zerlegung der Zahlen als Secunden, in Minuten und Grade hinzufügt, doch war es ein wesentlicher Vortheil bei den Proportional-Logarithmen, dass man die Rechnung auf 4 Decimalstellen beschränken musste, wo auch keine grössere Genauigkeit erforderlich war. Das Product in der letzten Formel, nämlich $\delta \operatorname{tg} s \operatorname{tg} \left(\frac{1}{2} d + A\right)$ liess sich nun mit Hülfe der Prop.-Log. so berechnen: pr. $\log \delta + \log \operatorname{cotg} s + \log \operatorname{cotg} \left(\frac{1}{2} d + A\right) =$ pr. log. des Productes.

Zur Ergänzung der bisher angeführten Näherungsmethoden ist noch die Correction hinzuzufügen, welche aus der genäherten Voraussetzung entsteht, dass die Katheten der kleinen Dreiecke mit den Zirkelbögen zusammenfallen, von denen die eigentlichen Unterschiede zwischen der scheinbaren und wahren Distanz abgeschnitten werden sollen. Denkt man sich als den gemeinsamen Mittelpunkt solcher Zirkelbögen den Durchschnittspunkt, wo sich die scheinbare und wahre Distanz schneiden, welches immer stattfinden muss, da der wahre Mondort höher als der scheinbare, der wahre Ort des andern Gestirns aber niedriger als der scheinbare ist, so geben die Abschnitte der Bögen, welche man mit den Zirkelöffnungen, die bis zum wahren Orte der Gestirne sich erstrecken und auf die scheinbare Distanz gezogen sind, offenbar dasselbe Resultat, als wenn man die Zirkelöffnungen bis zum scheinbaren Orte nimmt und die Bögen damit auf die wahre Distanz oder ihre Verlängerung zieht. In beiden Fällen stellt man damit die kleinen Abschnitte nämlich genau dar, welche den Antheil der Refraction und Parallaxe eines jeden Gestirns auf den Unterschied zwischen der scheinbaren und wahren Distanz ausdrücken. Vergleicht man jetzt aber diese kleinen Abschnitte mit denjenigen, welche durch die gefällten Perpendikel entstehen, wenn letztere einmal vom scheinbaren, das andere mal vom wahren Orte der Gestirne gefällt werden, so ergiebt sich in jedem Falle eine Correction, welche die Form eines kleinen Sinusversus hat, und zwar von sehr nahe gleicher Grösse, jedoch mit entgegengesetzten Zeichen.

Hieraus folgt nun ein sehr einfaches Verfahren, die eigentliche Berechnung der erforderlichen Correctionen dadurch zu umgehen, dass man die Winkel S und M einmal an den scheinbaren Gestirnsörtern bestimmt, dann aber auch an den wahren und das Mittel der Resultate nimmt, oder vielmehr, was sehr nahe auf dasselbe hinauskommen muss, dass man die Winkel für diejenigen Punkte bestimmt, welche zwischen den scheinbaren und wahren Gestirnsörtern in der Mitte liegen.

Bezeichnet demnach x den Unterschied zwischen der wahren und scheinbaren Distanz, $x = d' - d$, so hat man mit Einschluss der erforderlichen kleinen Correctionen:

$$25)\quad d' = d + \delta \cos S - \lambda \cos M,$$

wenn

$$\cos S = \frac{\sin\left(s - \frac{1}{2}\delta\right) - \sin\left(m + \frac{1}{2}\lambda\right)\cos\left(d + \frac{1}{2}x\right)}{\cos\left(m + \frac{1}{2}\lambda\right)\sin\left(d + \frac{1}{2}x\right)}$$

$$\cos M = \frac{\sin\left(m + \frac{1}{2}\lambda\right) - \sin\left(s - \frac{1}{2}\delta\right)\cos\left(d + \frac{1}{2}x\right)}{\cos\left(s - \frac{1}{2}\delta\right)\sin\left(d + \frac{1}{2}x\right)}.$$

Das ist das Verfahren von LEGENDRE *, welches auf jede der obigen Näherungsmethoden anwendbar ist. Die Form der Cosinuswerthe ist dabei Nebensache. Uebrigens benutzt LEGENDRE die oben angegebene Form für die Cosinus als Ausgangspunkt und giebt schliesslich nach ihrer Entwickelung Hülfstafeln für $\frac{\delta}{\sin\left(s - \frac{1}{2}\delta\right)}$ und $\frac{\lambda}{\sin\left(m + \frac{1}{2}\lambda\right)}$. Eine Wiederholung der Rechnung ist offenbar bei diesem Verfahren nicht zu vermeiden, wenn man nicht schon einen genäherten Werth von x hat, der hier freilich genügen würde.

Nach diesem auch allgemeiner anwendbaren Princip von LEGENDRE wird man überhaupt solche und ähnliche Näherungsrechnungen sehr zweckmässig durchführen, wenn man in den Formeln zu jeder der veränderlichen Grössen die Hälfte ihrer kleinen Aenderung hinzufügt. Nennt man im vorliegenden Falle δ, λ und x kleine Grössen der ersten Ordnung, ferner ihre Quadrate oder Producte, zu je zwei genommen, Grössen der zweiten Ordnung u. s. w. und entwickelt demgemäss die allgemeine strenge Formel für die Auflösung, so ergiebt sich, dass bei dem Verfahren von LEGENDRE die Grössen 2. Ordnung vollständig berücksichtigt werden **. Um aber vorher den entwickelten Ausdruck für die Correctionen selbst zu ermitteln, sollen nun die Substitutionen ausge-

---

* LEGENDRE, *Mém. de l'Institut*, T. IV, Jan. 1806; DELAMBRE, *Astronomie*, 1814, T. III, p. 625; ECKARDT: Astron. Nachr. 1854, Bd. 39, p. 350; SCHWARZ: Ueber die Reduct. d. Monddistanzen etc. Dorpat 1865, S. 14.

** DELAMBRE, *Astronomie*, T. III, p. 625: M. LEGENDRE *a démontré que l'erreur n'était que du quart des quantités du troisième ordre.*

führt werden, indem auf die strenge Grundgleichung 1) zurückgegangen wird, wonach:

$$\cos m \cos s \cos d' = \cos m' \cos s' \cos d - \sin m \sin s \cos m' \cos s' + \cos m \cos s \sin m' \sin s'.$$

Nach dem TAYLOR'schen Lehrsatze $f(x+h) = fx + hf'x + \frac{h^2}{1 \cdot 2} f''x + \ldots$ erhält man:

$$\cos d' = \cos(d+x) = \cos d - x \sin d - \frac{x^2}{1 \cdot 2} \cos d + \ldots$$

$$\cos m' = \cos(m+\lambda) = \cos m - \lambda \sin m - \frac{\lambda^2}{1 \cdot 2} \cos m + \ldots$$

$$\cos s' = \cos(s-\delta) = \cos s + \delta \sin s - \frac{\delta^2}{1 \cdot 2} \cos s + \ldots$$

$$\sin m' = \sin(m+\lambda) = \sin m + \lambda \cos m - \frac{\lambda^2}{1 \cdot 2} \sin m + \ldots$$

$$\sin s' = \sin(s-d) = \sin s - \delta \cos s - \frac{\delta^2}{1 \cdot 2} \sin s + \ldots$$

Die einzelnen Producte werden damit:

$$\cos m \cos s \cos d' = \cos m \cos s \cos d - x \cos m \cos s \sin d - \frac{x^2}{1 \cdot 2} \cos m \cos s \cos d + \ldots$$

$$\cos m' \cos s' \cos d = \cos m \cos s \cos d - \lambda \sin m \cos s \cos d + \delta \cos m \sin s \cos d$$
$$- \frac{\lambda^2}{1 \cdot 2} \cos s \cos m \cos d - \lambda\delta \sin m \sin s \cos d - \frac{\delta^2}{1 \cdot 2} \cos m \cos s \cos d + \ldots$$

$$\sin m \sin s \cos m' \cos s' = \sin m \sin s \cos m \cos s - \lambda \sin m \cos s \sin m \sin s + \delta \cos m \sin s \sin m \sin s$$
$$- \frac{\lambda^2}{1 \cdot 2} \cos m \cos s \sin s - \lambda\delta \sin m^2 \sin s^2 - \frac{\delta^2}{1 \cdot 2} \cos m \cos s \sin m \sin s + \ldots$$

$$\cos m \cos s \sin m' \sin s' = \cos m \cos s \sin m \sin s + \lambda \cos m^2 \sin s \cos s - \delta \sin m \cos m \cos s^2$$
$$- \frac{\lambda^2}{1 \cdot 2} \sin m \sin s \cos m \cos s - \lambda\delta \cos m^2 \cos s^2 - \frac{\delta^2}{1 \cdot 2} \sin m \sin s \cos m \cos s + \ldots$$

Lässt man die Grössen weg, welche sich nach der Substitution aufheben, und dividirt mit $\cos m \cos s \sin d$, so bleibt für die Grösse $x = d' - d$ oder den gesuchten Unterschied zwischen der wahren und scheinbaren Distanz:

$$26)\quad x = -\lambda \frac{\sin s - \sin m \cos d}{\cos m \sin d} + \delta \frac{\sin m - \sin s \cos d}{\cos s \sin d}$$

$$+ \frac{1}{2} (\lambda^2 - x^2) \operatorname{cotg} d$$

$$+ \lambda\delta \frac{\cos m^2 - \sin s^2 + \sin m \sin s \cos d}{\cos m \cos s \sin d} + \frac{1}{2} \delta^2 \cdot \operatorname{cotg} d$$

+ Glieder der 3. und höheren Ordnung *.

Wenn aber umgekehrt $d = d' - x$, $m = m' - \lambda$, $s = s' + \delta$ überall in der obigen Herleitung substituirt wird, so nehmen die Glieder 2. Ordnung das entgegengesetzte Zeichen an. Dadurch ist also das Verfahren von Legendre (Formel 25) bewiesen, dass die Grössen 2. Ordnung vollständig berücksichtigt werden, wenn man zu jeder der veränderlichen Grössen die Hälfte ihrer Aenderung hinzufügt. Oder vielmehr, man erhält auch die Formel 26 genau wieder, wenn man die Formel 25) ähnlich, wie hier geschehen ist, entwickelt.

Alle Grössen beziehen sich hier auf die Einheit des Kreisradius. Werden daher x, λ und δ in Secunden ausgedrückt, so sind sie noch mit 206265 dividirt zu denken, und wenn man diesen Divisor auf beiden Seiten der Gleichung weglässt, wo er sich gemeinsam findet, so bleibt er für die Grössen der 2. Dimension (wo er doppelt vorkam) einfach stehen. Es sind also diese Glieder mit 206265 zu dividiren, oder mit $\sin 1''$ zu multipliciren.

Das Glied $\frac{1}{2} (\lambda^2 - x^2) \operatorname{cotg} d \cdot \sin 1''$ pflegt gewöhnlich unter dem Namen einer 3. Correction aus einer Hülfstafel entnommen zu werden. In den *Requisite Tables* ist es die 13., in der Sammlung von Norie die 35. Tafel. Eine von Delambre berechnete Tafel für $\frac{1}{2} x^2 \operatorname{cotg} d \cdot \sin 1''$, also derselben Art, ist in der *Conn. d. T. de 1793* gegeben (*Astron.* III, p. 622). Maskelyne scheint der erste gewesen zu sein, welcher diesen Haupttheil der Grössen 2. Ordnung berücksichtigte, indem er für x den wesentlichsten Theil, nämlich $\lambda \cos M$ setzt. (*Phil. Tr.* f. 1764, p. 271). Vollständig sind die Grössen 2. Ordnung entwickelt von Lexell (Acta Petrop. p. A. 1777, p. 348). Dass die Berücksichtigung jener 3. Corr. nämlich allein nicht immer genügt, sondern namentlich auch das Glied mit dem Factor $\lambda\delta$ wegen seines Coefficienten bedeutend werden kann, zeigt das folgende, einer Beobachtung vom 28. December 1846 entnommene Beispiel.

Die scheinbare Sonnenhöhe $s = 3^\circ\, 27'$, die scheinbare Mondhöhe $m = 15^\circ\, 44'$, die scheinbare Distanz $d = 132^\circ\, 11'\, 19''$, Refraction weniger Parallaxe bei der Sonne oder $\delta = 14'\, 17''$, Parallaxe weniger Refraction bei dem Monde oder $\lambda = 51'\, 38''$. Es wird damit nach der Formel 26):

$$x = -17'\, 32'',5 + 6'\, 1'',0 - 20'',0 + 16'',5 - 1'',6 = -11'\, 36'',6,$$

---

* Setzt man die Entwickelung fort, so ergiebt sich als erstes Glied der Grössen dritter Ordnung:

$$+ \frac{\lambda^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} \frac{\sin m \cos d + \sin s (\sin m^2 - \cos m^2)}{\cos m \sin d}.$$

also die wahre Distanz 131° 59′ 42″,4. Das folgende Glied, schon von der 3. Ordnung würde nur — 0″,06 als 6. Corr. hinzufügen. Die Berechnung der wahren Distanz nach einer der strengen Formeln, z. B. von Dunthorne, giebt ebenfalls $d = 131° 59' 42''$. Hier ist nun die 4. Corr. (16″,5) fast eben so bedeutend geworden, wie die 3.*. Nach dem Verfahren von Legendre, wobei man die einzelnen Correctionen der 2. Ordnung nicht zu berechnen braucht, wenn man nur die Höhen und die Distanz um die Hälfte ihrer Correctionen (zur nächsten Minute) verbessert, erhält man mit Weglassung der Brüche:

$$x = -17' 43'' + 6' 7'' = -11' 36'',$$

also übereinstimmend.

Ueber die geometrische Bedeutung der Coefficienten in der Formel 26) ist zunächst klar, dass die Coefficienten von λ und δ, also von den Gliedern erster Ordnung nichts anderes als $\cos M$ und $\cos S$ oder die Cosinus der Winkel an dem scheinbaren Mond- und Sonnenorte darstellen. Was die übrigen Coefficienten betrifft, welche die Glieder der 2. Dimension von λ und δ erhalten haben, so lassen sie sich noch so umformen, dass sie ebenfalls als einfachere Functionen derselben Winkel M und S erscheinen, und ist damit zugleich der Vortheil verbunden, dass die gesuchte Grösse x aus der rechten Seite der Gleichung ganz herausgeht. Man hat nämlich:

$$x = \delta \cos S - \lambda \cos M$$
$$x^2 = \delta^2 \cos S^2 + \lambda^2 \cos M^2 - 2\,\delta\lambda \cos S \cos M,$$

mithin werden die beiden Theile

$$\frac{1}{2}(\lambda^2 - x^2) + \frac{1}{2}\delta^2 \operatorname{cotg} d = \frac{1}{2} \operatorname{cotg} d \Big(\lambda^2 - \delta^2 \cos S - \lambda^2 \cos M^2$$
$$+ 2\,\delta\lambda \cos S \cos M + \frac{1}{2}\delta^2\Big)$$
$$= \operatorname{cotg} d \left(\frac{1}{2}\lambda^2 \sin M^2 + \lambda\delta \cos S \cos M + \frac{1}{2}\delta^2 \sin S^2\right).$$

Das von dem Producte $\lambda\delta$ in der Formel 26) abhängige Glied ist daher:

$$\lambda\delta \left(\cos S \cos M \operatorname{cotg} d + \frac{\cos m^2 - \sin s^2 + \sin m \sin s \cos d}{\cos m \cos s \sin d}\right) = \lambda\delta \cdot F,$$

wenn die eingeschlossene Grösse zur Abkürzung mit F bezeichnet wird. Substituirt man hierin die Werthe

$$\cos S = \frac{\sin m - \sin s \cos d}{\cos s \sin d}, \quad \cos M = \frac{\sin s - \sin m \cos d}{\cos m \sin d},$$

also

$$\cos S \cos M = \operatorname{cotg} d \cdot \frac{\dfrac{\sin s \sin m}{\cos d} - \sin s^2 - \sin m^2 + \sin s \sin m \cos d}{\cos s \cos m \sin d}$$

* Auf die für scharfe Rechnungen nothwendige Berücksichtigung dieser ferneren Correctionen bei der Anwendung der Näherungsmethoden wurde auch wieder hingewiesen in P. W. Tegner's Nautiske Astronomie. Kiöbenhavn 1840—44, p. 272.

so wird daher das mit $\lambda\delta$ multiplicirte Glied:

$$F = \operatorname{cosec} d \frac{\cos m^2 - \sin s^2 - \cos d^2 + 2 \sin s \sin m \cos d}{\cos s \cos m \sin d^2}.$$

Nun ist ferner nach der Grundgleichung des sphärischen Dreiecks:

$$\sin A^2 = 1 - \left(\frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c}\right)^2 \text{ und } \sin B^2 = 1 - \left(\frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c}\right)^2,$$

mithin nach der Reduction:

$$\sin A^2 \sin B^2 = \frac{\sin a^2 - \cos b^2 - \cos c^2 + 2 \cos a \cos b \cos c}{\sin a \sin b \sin c^2}.$$

Es wird also für den obigen Fall, wenn man $a = 90 - m$, $b = 90 - s$, $c = d$, $A = S$, $B = M$ setzt:

$$F = \operatorname{cosec} d \sin S \sin M,$$

wodurch die Formel 26) übergeht in:

$$27) \quad x = -\lambda \cos M + \delta \cos S + \frac{1}{2} \lambda^2 \sin M^2 \operatorname{cotg} d + \lambda\delta \frac{\sin S \sin M}{\sin d} + \frac{1}{2} \delta^2 \sin S^2 \operatorname{cotg} d.$$

In dieser Gestalt findet sich die Formel bei LEXELL *. Man hätte dasselbe Resultat auch allenfalls aus der Figur herleiten können, indem man etwa zuerst den Unterschied zwischen $d - \lambda \cos M$ aus demjenigen Bogen suchte, welcher vom scheinbaren Orte der Sonne sich bis zum wahren Mondsorte erstreckt. Das gäbe nach Auflösung des sphärischen Dreieckes abgekürzt $\frac{1}{2} \lambda^2 (1 - \cos M^2) \operatorname{cotg} d = \frac{1}{2} \lambda^2 \sin M^2 \operatorname{cotg} d$. Ferner wird der Unterschied zwischen $\delta \cos S$ und $\delta \cos (S - w)$, wenn w den kleinen Winkel bezeichnet, welcher der Seite λ gegenüberliegt, das Glied $\lambda\delta \frac{\sin S \sin M}{\sin d}$ ergeben. Endlich folgt noch das der Correction mit λ^2 entsprechende Glied auf der Seite des andern Gestirns, nämlich $\frac{1}{2} \delta^2 \sin S^2 \operatorname{cotg} d$. Die Abkürzungen erhält man dabei aus der Substitution von $\sin \delta = \delta$, $\cos \delta = 1 - \frac{1}{2} \delta^2$.

Ausser den bisher angeführten Näherungsmethoden giebt es noch eine andere Classe von Formeln, welche dieselbe Genauigkeit, ohne Berechnung der besondern Correctionen für die Grössen 2. Ordnung und auch ohne die Anwendung des Princips von LEGENDRE, vielmehr dadurch erreichen, dass sie aus einer zweckmässigen Umformung der ursprünglichen strengen Formeln hergeleitet

* Act. Petropol. pr. A. 1777. Pars posterior. Petropoli 1780, p. 348.

sind, und zwar mittelst der obigen Abkürzungen $\sin x = x$, $\cos x = 1 - \frac{1}{2} x^2$, so dass nur die Grössen 3. Ordnung unberücksichtigt bleiben. Es lässt sich nämlich für scharfe Rechnungen gegen die vorhergehenden Näherungsmethoden, wenn man dabei nicht das Verfahren von Legendre gebraucht, einwenden, dass die Methode von Lacaille, welche bei allen zu Grunde liegt, nur die Grössen erster Ordnung berücksichtigt und für die ferneren Correctionen nur durch eine unvollständige Hülfstafel gesorgt ist, wenn man diese Correctionen nicht einzeln berechnen will. Für eine scharfe Rechnung wird es dann aber kürzer, auf die ursprüngliche Gleichung zurückzugehen und damit die gestatteten Abkürzungen vorzunehmen, um mit weniger Decimalen zu rechnen, als nach den so genannten directen Methoden erforderlich ist.

Eine solche Formel ist die von Delambre (*Astronomie*, Paris 1814, Th. 3, p. 621, 622 und 634) als die 11. bezeichnete, welcher er vor andern ähnlichen den Vorzug giebt, und die sich auch auf folgende Art herleiten lässt. Nach der 4. Formel für die strenge Berechnung ist:

$$\cos d' = -\cos(s'+m') + \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}(\cos d + \cos(s+m))$$

und wenn man $\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} = 1 - N$ setzt:

$$\cos d' = -\cos(s'+m') + \cos d + \cos(s+m) - N(\cos d + \cos(s+m))$$

$$\cos d' - \cos d = -2 \sin\frac{1}{2}(d'-d) \sin\frac{1}{2}(d'+d)$$

$$= -2 \sin\frac{1}{2}(s'+m'+s+m) \sin\frac{1}{2}(s+m-s'-m')$$

$$-2N\cos\frac{1}{2}(s+m+d)\cos\frac{1}{2}(s+m-d)$$

oder wenn $d'-d = x$, $s+m = S$, $s'+m' = S+u$, so dass $u = \lambda - \delta$ wird,

$$2\sin\frac{1}{2}x \sin\left(d+\frac{1}{2}x\right) = -2\sin\left(S+\frac{1}{2}u\right)\sin\frac{1}{2}u$$

$$+2N\cos\frac{1}{2}(s+m+d)\cos\frac{1}{2}(s+m-d)$$

$$2\sin\frac{1}{2}x \sin d \cos\frac{1}{2}x + 2\sin\frac{1}{2}x^2 \cos d$$

$$= -2\sin\left(S+\frac{1}{2}u\right)\sin\frac{1}{2}u + 2N\cos\frac{1}{2}(S+d)\cos\frac{1}{2}(S-d)$$

$$= \sin x \sin d;$$

daher:

$$28)\ \sin x = 2N\,\frac{\cos\frac{1}{2}(S+d)\cos\frac{1}{2}(S-d)}{\sin d} - \frac{2\sin\frac{1}{2}u\sin\left(S+\frac{1}{2}u\right)}{\sin d} - 2\sin\frac{1}{2}x^2\cdot\operatorname{cotg} d.$$

Das ist die strenge Formel (DELAMBRE, p. 621, wenn man nach p. 622 mit $\sin d$ dividirt, wodurch die von DELAMBRE mit 15) bezeichnete Formel identisch mit der obigen wird). Die Abkürzung aber besteht nun darin, für die kleinen Sinus ihre Bögen zu setzen, so dass:

$$29)\quad x = 2N\,\frac{\cos\frac{1}{2}(S+d)\cos\frac{1}{2}(S-d)}{\sin d} - u\,\frac{\sin\left(S+\frac{1}{2}u\right)}{\sin d} - \frac{1}{2}x^2\operatorname{cotg} d,$$

wonach ein Beispiel von DELAMBRE p. 634 berechnet ist. Eine Hülfstafel für $\frac{1}{2}x^2\operatorname{cotg} d\sin 1''$ oder $2\sin\frac{1}{2}x^2\operatorname{cotg} d\cdot 206265$, welche DELAMBRE aus der *Conn. d. T. de 1793* als von ihm berechnet anführt, würde hier also genügen, um die Grössen 2. Ordnung vollständig zu berücksichtigen.

Eine 2. Hülfstafel für diese Formel gab RÜMKER (Längenbestimmung durch den Mond, Hamburg 1849), nämlich den Werth $2N = \frac{2}{\sin 1''}\left(1 - \frac{\cos s'\cos m'}{\cos s\cos m}\right)$ auf 5 Decimalstellen berechnet nebst kleinen Ergänzungstafeln zur Berücksichtigung der Abweichung von der mittleren Strahlenbrechung in Folge des Barometer- und Thermometerstandes. Freilich ist diese Tafel auf 177 Seiten wohl zu umfangreich, um allgemein eingeführt zu werden. (Die sonst für die directen Methoden gebräuchliche Tafel für den Bruch $\frac{\cos s'\cos m'}{\cos s\cos m}$ oder die sogenannte Logarithmische Differenz umfasst nur 9 Seiten.) Aber ohne eine solche Hülfstafel müsste man, um die Differenz $2N$ auf 5 Decimalen sicher zu erhalten, den der Einheit immer nahe gleichen Bruch $\frac{\cos s'\cos m'}{\cos s\cos m}$ für sich auf 7 Decimalstellen berechnen, während für den übrigen Theil der Rechnung 5 Decimalen vollkommen genügen. DELAMBRE rechnet alles auf 7 Stellen und glaubt, die Formel sei vielleicht die bequemste unter allen, welche die Reduction der Monddistanzen geben (l. c. p. 634).

Noch anders gestaltet sich die hierher gehörige Methode von Dr. BREMIKER. In die Formel von DUNTHORNE:

$$\cos d' = \cos(s'-m') - \frac{\cos s'\cos m'}{\cos s\cos m}\{\cos(s-m) - \cos d\},$$

führt BREMIKER zwei Hülfswinkel ein, d'' und D', wovon der erste ungefähr

gleich dem Unterschiede der scheinbaren Höhen, der andere ungefähr gleich der scheinbaren Distanz ist. Es wird nämlich gesetzt:

$$\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cos(s - m) = \cos d'' \quad \text{und} \quad \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cos d = \cos D',$$

wodurch

$$\cos d' = \cos(s' - m') - \cos d'' + \cos D'$$

oder

$$\cos d - \cos D' = \cos(s' - m') - \cos d'',$$

daher

$$2 \sin\frac{1}{2}(d' + D') \sin\frac{1}{2}(d' - D') = 2 \sin\frac{1}{2}(s' - m' + d'') \sin\frac{1}{2}(s' - m' - d'')$$

oder wenn $d' - D' = z$ gesetzt wird:

$$z = (s' - m' - d'') \frac{\sin\frac{1}{2}(s' - m' + d'')}{\sin\frac{1}{2}(d' + D')}.$$

Die zu berechnenden Formeln sind also:

$$30) \quad \cos d'' = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cos(s - m)$$

$$\cos D' = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m} \cos d$$

$$d' = D' + (s' - m' - d'') \frac{\sin\frac{1}{2}(s' - m' + d'')}{\sin\frac{1}{2}(d' + D')}.$$

Vergl. Nautisches Jahrbuch für 1852 von Dr. Bremiker, Berlin 1850; ferner Astron. Nachr., Altona 1850, Bd. 30, p. 311. Der Verfasser setzt statt d' im Nenner d; aber am angef. Orte wie auch in der französischen Ausgabe desselben Jahrbuchs wird hinzugefügt, dass eigentlich statt d der Werth $d + z$ gesetzt werden müsste ($z = d' - d$), welches bei einer Wiederholung der Rechnung geschehen könne, indessen selten erforderlich sein werde. Für die Rechnung werden 5 Decimalen im Allgemeinen als genügend empfohlen, doch könne man, um ein Uebriges zu thun, bei Distanzen unter 30° sechs Decimalen in Rechnung ziehen. Da nämlich $\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}$ ein von der Einheit wenig verschiedener Bruch ist, so wird D' ungefähr so gross wie die scheinbare Distanz und es würde z. B. bei $d = 20$ Graden eine Einheit der 5. Decimale schon einen Fehler von 15″ geben, bei 6 Decimalen dagegen nur 1″,5. Ferner wird wegen desselben Factors der andere Hülfswinkel d'' wenig von $s - m$ verschieden und daher soll im Falle von nahe gleichen Höhen (Naut. Jahrb. f. 1866, p. XLV) die

Summe der Höhen statt ihrer Differenz eingeführt werden. Man kann hierzu die Formel 4) anwenden, wonach:

$$\cos d' = -\cos(s'+m') + \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}\{\cos d + \cos(s+m)\};$$

denn setzt man:

$$\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}\cos(s+m) = \cos s'' \quad \text{und} \quad \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}\cos d = \cos D',$$

so ist

$$\cos d' = -\cos(s'+m') + \cos D' + \cos s''$$

oder

$$2\sin\frac{1}{2}(d'+D')\sin\frac{1}{2}(d'-D') = 2\sin\frac{1}{2}(s''+s'+m')\sin\frac{1}{2}(s''-s'-m'),$$

daher

$$d' - D' = (s''-s'-m')\cdot\frac{\sin\frac{1}{2}(s''+s'+m')}{\sin\frac{1}{2}(d'+D')}$$

oder

$$z = (s''-s'-m')\,\frac{\sin\frac{1}{2}(s''+s'+m')}{\sin\left(D'+\frac{1}{2}z\right)}.$$

Nach dieser 2. Methode von Dr. Bremiker ist demnach zu berechnen:

31) $$\cos s'' = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}\cos(s+m)$$

$$\cos D' = \frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}\cos d$$

$$d' = D' + (s''-s'-m')\,\frac{\sin\frac{1}{2}(s''+s'+m')}{\sin\frac{1}{2}(d'+D')}.$$

Diese zweite Formel würde also dann unsicher, wenn beide Höhen sehr niedrig sind, ausserdem wie vorher, wenn die Distanz sehr klein ist, wo schon die Anwendung von mehr als 5 Decimalen rathsam war. Eine Verschiedenheit der Zeichen ist in beiden Formeln zu berücksichtigen, je nachdem in der ersten Formel d'' kleiner oder grösser als der Unterschied der wahren Höhen, und in der zweiten Formel s'' grösser oder kleiner als die Summe der wahren Höhen ist. Uebrigens sind diese Formeln von Bremiker so gut wie völlig strenge, da nur die Grössen 3. Ordnung wegen der Gleichsetzung des Sinus und Bogens wegfallen, vorausgesetzt, dass nöthigenfalls das d' im Nenner, wofür vorläufig D' gesetzt werden soll, durch Wiederholung der Rechnung berücksichtigt wird.

Dr. Bremiker giebt noch bei dieser Gelegenheit (Astr. Nachr., Bd. 30, p. 314) eine interessante Vergleichung der Fehlergrenzen bei der Anwendung verschiedener Berechnungsmethoden der Monddistanzen, die sich bei der Anwendung von Logarithmen mit 5 Decimalen im Resultate ergeben, und welche also mit 10 oder 100 dividirt die Fehlergrenze für den Fall von 6 oder 7 Decimalstellen liefern. Mit Beziehung auf die von Gauss (*Theor. mot.*, p. 26) aufgestellten Grundsätze wird dabei angenommen, dass alle Fehler, welche aus der unvermeidlichen Ungenauigkeit der Logarithmen (ursprünglich eine halbe Einheit der letzten Decimale) entstehen, sich in einerlei Sinne bis zum Schlusse der Rechnung häufen können, und sich nach Beschaffenheit der Uebergänge von den verschiedenen Functionswerthen zu einander mehr oder weniger erheblich steigern werden. Dabei zeigen die beiden Methoden von Dr. Bremiker (Formel 30 und 31) eine grössere Genauigkeit als die strenge Formel von Dunthorne, wenn angenommen wird, dass auch die letztere nur mit Logarithmen berechnet sei, wozu sie freilich nicht eingerichtet ist, sondern die Mitbenutzung der natürlichen Cosinus voraussetzt. Bemerkenswerther ist dagegen das im allgemeinen ungünstige Resultat für die Fehlergrenze bei der ursprünglichen und der veränderten Methode von Borda. Hier giebt namentlich der Umstand, dass der Hülfswinkel, welcher durch einen Sinus bestimmt wird, nahe an 90° fallen kann, nämlich bei sehr kleinen Höhen und kleiner Distanz, eine in diesem ungünstigen Falle sehr hohe Fehlergrenze. Besser noch in Hinsicht der Fehlergrenze, als die Methoden (Formel 30 und 31) von Dr. Bremiker selbst, erweisen sich bei dieser Berechnung die beiden schon vorhin angeführten Formeln von Lexell (Formel 16 und 17), wo die Fehlergrenze im Maximum (hier bei einer Distanz von 90°) verhältnissmässig niedrig bleibt, welchen Formeln überhaupt für geübte Rechner der Vorzug eingeräumt wird. Für nautische Zwecke dagegen glaubt Dr. Bremiker seine Formeln (30 und 31) vorziehen zu müssen, worüber indessen die Meinungen verschieden sein können.

Das Bedürfniss, die Längenbestimmung aus Monddistanzen für den gewöhnlichsten Gebrauch möglichst schnell und sicher ausführbar zu machen, wenn auch mit einiger Aufopferung von Genauigkeit, die doch bei der Messung selbst nur in geringerem Grade zu erreichen ist, hatte schon um die Zeit der Einführung dieser Art von Längenbestimmung noch einen anderen Plan hervorgerufen, nämlich mittelst besonderer Hülfstafeln die Rechnung auf ein Minimum zu reduciren. Gewiss hätte man die Rechnung völlig zu beseitigen gesucht, um die ganze Reduction der beobachteten Distanz auf den Mittelpunkt der Erde für alle Fälle in eine Hülfstafel zu bringen, wenn nur die Veränderlichkeit der Mondparallaxe (zwischen 54 und 61 Minuten) eine solche Tafel nicht gar zu weitläuftig gemacht haben würde. Dazu kam, dass gerade dieser Haupttheil der Reduction, der Einfluss der Mondparallaxe, sich genähert leichter berechnen liess als das Uebrige, nämlich der Einfluss der Refraction. Man beschränkte sich also darauf, den Betrag der Wirkung der Refraction auf die Distanz in eine Tabelle zu bringen, auch wohl damit zugleich die kleinen Correctionen zu vereinigen, welche von den Grössen 2. Ordnung, nämlich den Quadraten und Produkten der

ersten Correctionen abhängen. Die von LACAILLE benutzte Grundformel verwandelte sich damit in folgende:

$$d' = d - \lambda \cos M + \text{Corr. für Refr. etc.}$$

Nun ist $\lambda = p \cos m$, wenn p die Horizontalparallaxe des Mondes bezeichnet, und $\cos M = \frac{\sin s - \sin m \cos d}{\cos m \sin d}$, daher:

$$32)\quad d' = d - p\,\frac{\sin s}{\sin d} + p\,\frac{\sin m}{\operatorname{tg} d} + \text{Corr. für Refr. etc.}$$

Dies ist nun die kürzeste Art der Berechnung, aber ihre Genauigkeit hängt ab von der Zuverlässigkeit der Hülfstafel, welche den Betrag der Wirkung der Strahlenbrechung nebst den Correctionen für die Grössen 2. Ordnung geben soll. Die ältesten Tafeln dieser Art * erschienen im J. 1772 zu Cambridge unter dem Titel: *Tables for correcting the apparent distance of the moon and a star from the effects of refraction and parallax, published by order of the commissioners of longitude*, 1200 Seiten in Fol., woraus für jeden Grad der Distanz und für jeden Grad der Höhen die gesuchte Reduction entnommen werden konnte. Berechnet waren diese Tafeln von LYONS, PARKINSON und WILLIAMS, nachdem schon 1769 WITCHELL mit der Berechnung angefangen hatte. Prof. A. SHEPHERD in Cambridge besorgte die Inspection und Veröffentlichung. Die Tafeln wurden daher auch SHEPHERD's *Tables* genannt, sonst *Cambridge Tables* oder auf dem Continente „die grossen englischen Tafeln". Der zu grosse Umfang und Preis dieser Tafeln wurde bald als nicht zweckmässig erkannt, da sie überdies durch ein nachträgliches grosses Verzeichniss von Fehlern zu berichtigen waren. MARGETT's *Linear Tables*, welche sich darauf gründeten und die Auflösung in eine graphische Construction verwandelten, scheinen auch wenig Eingang gefunden zu haben. Der Preis einer Ausgabe von 1793 war 5 Guineen (LALANDE, *Bibliogr. astron.*, p. 727). Eine reducirte Form hiervon sind die *Linear Tables* v. J. W. Norie. London 1815 in 8°.

Nach der Zeit erschienen verschiedene Tabellen in abgekürzter Form; zunächst, wie es scheint, von einem Extrem ins andere fallend, wurde von dem amerikanischen Capitain ELFORD die ganze ausgedehnte Tafel auf eine einzige Folioseite reducirt. Um dies zu ermöglichen, sind die Distanzen nur von 10 zu 10 Graden genommen, und die Höhen in zwei Columnen so angesetzt, dass zu der kleinsten Höhe von 5 bis 7 Graden die grösste Höhe von 7 bis 9 Graden, dann von 10 bis 13 Graden u. s. w. gehört; zuletzt ist die kleinste Höhe von 50 bis 90 Graden und dazu die grösste Höhe von 56 bis 90 Graden zusammen gefasst. Offenbar sind diese Intervalle im Allgemeinen zu weit, da das Einschalten zu unsicher wird. Für eine beiläufige Näherungsrechnung kann man diese ELFORD'sche Tabelle indessen doch gebrauchen. Man findet sie noch verbreitet als Manuscripttafel, nicht selten mit neuen Fehlern. Einen Abdruck davon gab um das J. 1821 v. ZACH zu Genua in der *Correspondance astronomique*, Vol. VI, p. 217; auch untersuchte ENCKE dieselbe (Berliner Astr. Jahrb. f. 1842, p. 315) und die Revision zeigte, dass mit ein Paar Ausnahmen keine erheblichen Fehler

* LALANDE *Astron.* §. 4204; *Bibliogr. astron.* p. 528; *Encyclop. méthod. art. longitude* p. 335.

in der ELFORD'schen Tabelle vorkamen; doch konnte sie nicht gerade für eine empfehlenswerthe Annäherung erklärt werden. Ein anderer Abdruck derselben Tafel findet sich auch in einer kleinen Schrift, betitelt: *Guida dei Navigante nelle osservazioni astronomiche per opera di* ANDREA TONELLO, Venezia 1833, auf einer Seite in Querfolio mit hinzugefügten Proportionaltheilen für die einzelnen Grade der Distanz. Auf dem Titel wird das Verfahren noch als *nuovo metodo* bezeichnet.

Eine ausführlichere Tabelle als die ELFORD'sche, nämlich von 5 zu 5 Graden der Distanz, und wo es erforderlich war, von 2 zu 2 Graden der Höhen, im Ganzen auf 20 Octavseiten, erschien von JOHN TURNER, Lehrer am Christ's Hospital zu London, in zweiter Ausgabe besorgt von W. D. SNOOKE, Portsmouth 1822. Ueber die Theorie ist nichts darin enthalten. Sie scheinen aus den *Cambridge Tables* einfach abgekürzt zu sein. Dasselbe bemerkt v. ZACH in den *Mem. of the Royal Astron. Soc.* (Vol. IV, Part II) über die Tabellen des Capt. THOMSON, welche auch gegenwärtig noch sehr verbreitet sind, ungeachtet der später erschienenen ähnlichen Tafeln der Mrs. TAYLOR, Lehrerin einer nautischen Akademie in London, und der Tafeln von GEORGE COLEMAN, dem Herausgeber der 15. Edition von NORIE'S *Epitome,* London 1852. Ferner scheinen die neu bearbeiteten Tafeln von J. GORDON: *Lunar and Time Tables*, London 1849, weniger Eingang gefunden zu haben, obgleich der Verfasser eine wissenschaftliche Bearbeitung des Gegenstandes hinzufügt, und namentlich auch die Grössen 2. Ordnung nach Prof. AIRY'S Urtheil vollständig berücksichtigt hat. Man hält sich dagegen vorzugsweise an THOMSON'S Tafeln und bezeichnet die Rechnung danach wohl auch als THOMSON'S Methode. Aus dem Tilläg til TEGNERS Nautisk Astronomie af P. W. TEGNER, Kiöbenhavn 1847, ist eine solche Tafel in die „Nautischen, astronomischen und logarithmischen Tafeln von Tuxen, Kopenhagen 1858", übergegangen. Es wird angeführt, dass die Zahlen mit einer mittleren Refraction und einer mittleren Horizontalparallaxe des Mondes (57′ 30″) so berechnet sind, dass man immer den strenge berechneten Werth der wahren Distanz von demjenigen Resultate abzog, welches die obige Formel $-p\,\frac{\sin s}{\sin d}+p\,\frac{\sin m}{\operatorname{tg} d}$ giebt. Das wäre demnach die Wirkung der Refraction, mit Einschluss der Grössen 2. Ordnung, wenn die mittlere Refraction und die mittlere Horizontalparallaxe des Mondes wirklich stattfindet. Der Fehler aber, welcher für die Grössen 2. Ordnung aus der Abweichung der Mondparallaxe von ihrem mittleren Werthe entsteht, ist nun bei dem Gebrauche der Tafel wohl nicht zu verbessern, wenn auch der andere Fehler wegen der Abweichung von der mittleren Refraction durch eine kleine Hülfstafel zu berichtigen wäre. Eine solche Hülfstafel gab GORDON in seinen *Lunar and Time Tables,* London 1849, p. 71. Sie besteht einfach in der Angabe der Verbesserung der mittleren Refraction wegen des Standes von Barometer und Thermometer, wenn diese Verbesserung statt nach der Höhe, nach dem Werthe der Refraction selbst geordnet ist. Damit wird diese Verbesserung nämlich sogleich anwendbar auf den für die Distanz berechneten Einfluss der mittleren Refraction. Denn da diese Verbesserungen dem Betrage der Refraction im Verticalkreise proportional wachsen, so werden sie es auch in Bezug auf die Projection vom Verticalkreise auf den Distanzbogen.

Sucht man statt der oben erwähnten indirecten oder sozusagen empirischen Berechnung des Einflusses der Refraction auf die Distanz einen eigenen Ausdruck, und zwar zunächst nach ihrem mittleren und genäherten Werthe, indem die Refraction im Verticalkreise $= 57'',7$ mal cotg der scheinbaren Höhe gesetzt werden kann, so wird der frühere Cosinus im Nenner, welcher bei der Parallaxenrechnung verschwand, hier stehen bleiben, und wenn man $\frac{cos}{sin}$ für *cotg* setzt, aus den Werthen von

$$\cos S = \frac{\sin m - \sin s \cos d}{\cos s \sin d} \text{ und } \cos M = \frac{\sin s - \sin m \cos d}{\cos m \sin d}$$

den Betrag der Refractionswirkung auf die Distanz so angeben können:

$$\text{Refr.} = \frac{57'',7}{\sin d}\left(\frac{\sin s}{\sin m} + \frac{\sin m}{\sin s} - 2\cos d\right).$$

Die gesammte Reduction für die Wirkung der Refraction und Mondparallaxe wäre demnach genähert in der folgenden Formel enthalten, zu welcher auch ENCKE gelangt (Berliner Astr. Jahrb. f. 1842, p. 314):

$$33) \quad d' = d - p \cdot \frac{\sin s}{\sin d} + p \cdot \frac{\sin m}{\operatorname{tg} d} + \frac{57'',7}{\sin d}\left(\frac{\sin s}{\sin m} + \frac{\sin m}{\sin s} - 2\cos d\right).$$

Der Einfluss der Sonnenparallaxe $= 9'' \cos s \cos S$ liesse sich durch Hinzufügung von $9'' \frac{\sin m - \sin s \cos d}{\sin d}$ ferner berücksichtigen, indessen bleiben die Grössen 2. Ordnung noch ausgeschlossen, welche bedeutender als die Sonnenparallaxe werden können. Der immer positive Betrag der Refraction wäre am richtigsten zuerst anzubringen, und mit der für Refraction allein verbesserten Distanz die Parallaxenrechnung auszuführen.

MASKELYNE * hatte schon gleich bei der Einführung der Längenbestimmung aus Monddistanzen eine Form der getrennten Berechnung der Refraction und Parallaxe aufgestellt und scheint auch später im *Naut. Alm.* und den *Requisite Tables* daran festgehalten zu haben. Sein Ausdruck für die Refractionswirkung wurde von LEXELL und FUSS als elegant gerühmt, jedoch dabei an die gemachte doppelte genäherte Voraussetzung erinnert, dass die Refraction der Cotangente der Höhe proportional gesetzt sei, und die Uebertragung vom Verticalkreise auf die Distanz durch einfache Multiplication mit dem Cosinus des Winkels am Gestirne geschehe. Dabei bedient nun MASKELYNE sich schon desselben Hülfsbogens, welcher nachher bei der Methode von WITCHELL vorkommt. Es wird nämlich gesetzt:

$$\operatorname{cotg}\frac{1}{2}(s + m)\operatorname{tg}\frac{1}{2}(s - m) = \operatorname{tg} A$$

$$\operatorname{tg} A \cdot \operatorname{cotg}\frac{1}{2} d = \operatorname{tg} B$$

dann ist die Refractionswirkung $= 2r\frac{\operatorname{tg} 2A}{\sin 2B}$, wo $r = 57'',7$ die Re-

* *Philos. Transact.* f. 1762 p. 558: *A Letter from the Rev.* NEVIL MASKELYNE *to the Rev.* TH. BIRCH d. d. St. Helena Sept. 9, 1761. — *Philos. Tr.* f. 1764 p. 263: *Concise Rules for computing the Effects of Refraction and Parallax .. with Demonstrations of the same. By the Rev.* NEVIL MASKELYNE, *A. M. Fellow of Trin. Coll. Cambridge.*

fraction bei 45° Höhe bezeichnet. Vorausgesetzt ist bei dieser MASKELYNE'schen Regel nun also, dass die Wirkung der Refraction $= r \operatorname{cotg} s \cos S + r \operatorname{cotg} m \cos M$ sei. Da aber $\cos S = \operatorname{tg} s \operatorname{tg} \frac{1}{2}(d+B)$ und $\cos M = \operatorname{tg} m \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2} d - B\right)$, wie oben bei der Formel von WITCHELL, so wird die Refractionswirkung zunächst $= r \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2} d + B\right) + r \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2} d - B\right) = 2 r \operatorname{tg} \frac{1}{2} d \frac{1 + \operatorname{tg} B^2}{1 - \operatorname{tg} \frac{1}{2} d^2 \operatorname{tg} B^2}$; aber $1 + \operatorname{tg} B^2 = \frac{1}{\cos B^2} = \frac{2 \operatorname{tg} B}{\sin 2B}$ und $1 - \operatorname{tg}\frac{1}{2} d^2 \operatorname{tg} B^2 = 1 - \operatorname{tg} A^2$, mithin der Einfluss der Refraction $= 2 r \operatorname{tg} \frac{1}{2} d \frac{2 \operatorname{tg} B}{\sin 2B\,(1 - \operatorname{tg} A^2)}$; aber $2 \operatorname{tg} \frac{1}{2} d \operatorname{tg} B = 2 \operatorname{tg} A$ und wegen $\frac{2 \operatorname{tg} A}{1 - \operatorname{tg} A^2} = \operatorname{tg} 2A$, auch die ganze Wirkung der Refraction $= 2r \frac{\operatorname{tg} 2A}{\sin 2B}$, welches mit der obigen Formel übereinstimmt.

Ueber die genäherte Voraussetzung, dass die Refraction sich der Cotangente der Höhe proportional ändere, bemerkte übrigens MASKELYNE gleich im Anfange (1761 l. c. p. 566), dass man zur Verbesserung derselben die Zenithdistanz um das Dreifache der Refraction zu vermindern habe. Mit Rücksicht auf diese Verbesserung nach der BRADLEY'schen Regel sind auch die Hülfstafeln 20 und 21 zu MASKELYNE's Methode in den *Requisite Tables* berechnet, welche bis zu 3 Grad Höhe hinabgehen und die Sonnenparallaxe ebenfalls mit in Rechnung nehmen. Die Wirkung der Mondparallaxe berechnet MASKELYNE ebenfalls mit demselben Hülfsbogen, wie später nach der s. g. WITCHELL'schen Methode geschehen ist. Die ursprüngliche Methode von MASKELYNE lässt sich demnach so darstellen, wenn r die Constante der Refraction $= 57''$ und p die Horizontalparallaxe des Mondes bezeichnet:

$$34)\quad \operatorname{tg} A = \operatorname{cotg} \frac{1}{2}(s+m) \operatorname{tg} \frac{1}{2}(s-m)$$

$$\operatorname{tg} B = \operatorname{tg} A \,.\, \operatorname{cotg} \frac{1}{2} d$$

$$d' = d + 114'' \frac{\operatorname{tg} 2A}{\sin 2B} - p \sin m \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2} d + B\right).$$

Später * fügte MASKELYNE noch eine kleinere Correction hinzu für das Glied mit dem Quadrate der Mondparallaxe, welches schon vorhin erörtert ist, und in den Beispielen der *Req. Tables* wird eine fernere kleine Correction von derselben Ordnung mitgenommen. Obgleich einige Hülfstafeln zur Erleichterung der Rechnung nach dieser genaueren Methode von MASKELYNE hinzukamen, so hat sie sich doch nicht im Gebrauche erhalten. PETERSEN, in der angeführten dänischen Bearbeitung ** der *Req. Tables* (p. 94), erklärte sie für die weitläuftigste und beschwerlichste von allen bekannten Rechnungsmethoden. Hierzu trug übrigens

* *Philos. Tr.* f. 1764 p. 271.

** Forsög til en praktisk Afhandling om Längdens Beregning etc., Kiöbenhavn 1792.

damals wesentlich die umständliche Berechnung von Correctionen bei, welche zu der 2. Ordnung gehören, weniger lag das Beschwerliche wohl in der erforderlichen Beachtung des Zeichenwechsels. Denn wenn in der MASKELYNE'schen Formel (34) $s < m$, so wechselt das Zeichen von B, und wenn dann $B > \frac{1}{2} d$, zugleich das Zeichen der Parallaxenwirkung, genau so wie auch in der Methode von WITCHELL der Zeichenwechsel zu berücksichtigen ist. Zur genäherten Rechnung würde doch die alte geschmeidige MASKELYNE'sche Formel (34) der Formel (33) vorzuziehen sein, da sie logarithmisch brauchbarer ist und dieselbe Genauigkeit gewährt. Für niedrige Höhen wird sie freilich nicht mehr anwendbar. MASKELYNE empfahl sie auch nur bis zu 10° Höhe.

Eine schärfere Berechnung der getrennten Refractionswirkung mit Einschluss der vollständigen Correctionen der 2. Ordnung für die Refraction sowohl als für die Parallaxe hat bei verschiedenen Versuchen zu Formeln geführt, deren Berechnung ohne besondere Hülfstafeln entschieden weitläuftiger ist, als die Berechnung nach den strengen Formeln oder nach einer der genauern Näherungsmethoden. Die besonderen Hülfstafeln sind auch mangelhaft, wenn nicht eine Verbesserungstabelle für die Abweichung von der mittleren Refraction hinzugefügt wird, wie sie sich in GORDON's *Lunar and Time Tables,* London 1849, findet. GORDON hat übrigens diejenigen Grössen 2. Ordnung, welche mit dem Quadrate der Refractionswerthe multiplicirt sind, weggelassen, und beschränkt daher auch die Anwendung auf Höhen, die nicht unter 7° sind. Für andere Fälle empfiehlt er die strengeren Formeln.

Schon in der ältesten Hülfstafel zur Berechnung der Monddistanzen, nämlich der Tafel für die Logarithmen des Bruches $\frac{\cos s' \cos m'}{\cos s \cos m}$ oder der s. g. Logarithmischen Differenz, musste eine mittlere Refraction vorausgesetzt werden, und wenn dabei in Beziehung auf die Sternshöhe $\frac{\cos s'}{\cos s}$ als constant angenommen wird, so ändert sich schon diese Constante mit der Abweichung des Barometers und Thermometers von dem mittleren Stande. In einer späteren Bearbeitung derselben Tafel von REINKE* wurde damit die Trennung vorgenommen, $\log \frac{\cos m'}{\cos m}$ in einer ersten Tafel, $\log \frac{\cos s'}{\cos s}$ in einer zweiten Tafel für die Sonne und dasselbe in einer dritten Tafel für Sternshöhen zu geben, aber immer nur für die mittlere Refraction. Die von REINKE gewählte Aenderung der DUNTHORNE'schen Methode hielt er für so erheblich, dass er glaubte eine Sünde zu begehen, wenn er diese Arbeit dem Publicum vorenthielte. MASKELYNE, dem er sie mitgetheilt hatte, lobte die Kürze, Zierlichkeit und Zweckmässigkeit des Verfahrens, glaubte aber nicht, dass das *Board of Longitude* dafür einen Preis ertheilen würde und schickte sie ihm zurück. Der eigentliche Werth des REINKE'schen Verfahrens lag in einer Anordnung eines bestimmten Rechnungsschemas für denjenigen, welcher sich besonders daran gewöhnt hatte.

* J. T. REINKE, Anweisung aus einer beobachteten Distanz ... die Länge zu finden. Hamburg 1803.

Welche strenge oder hinreichend genäherte Formel für die Reduction der Monddistanzen man auch anwenden möge, immer wird für die Strahlenbrechung selbstverständlich der Stand des Barometers und Thermometers zu berücksichtigen sein, da eine Vernachlässigung der hierauf bezüglichen Correction bei niedrigen Höhen zu den erheblichsten Fehlern führen müsste. Demnächst sind aber auch der Strenge nach noch zwei Correctionen übrig. Die eine betrifft die Verminderung des Halbmessers von Sonne und Mond durch die Strahlenbrechung, und die zweite, im Allgemeinen kleinste Correction, besteht in der Berücksichtigung des Einflusses der Abplattung der Erde auf den Betrag und die Richtung der Mondparallaxe.

Durch die Refraction wird die kreisförmige Scheibe der Sonne und des Mondes verändert, auch die untere Hälfte derselben, wegen der stärkern Wirkung der Refraction, etwas verschieden von der obern Hälfte gestaltet. Der gemessene kürzeste Abstand der Ränder wird nun strenge genommen ein Bogen, welcher nicht genau in der Richtung der Mittelpunkte der Gestirne zu einander liegt, sondern auf der nicht mehr kreisförmigen Scheibe normal steht. Eine ausführliche Untersuchung (Schwarz: Ueber die Reduction der Monddistanzen, Dorpat 1865) zeigte indessen, dass mit hinreichender Schärfe dieser Einfluss der Refraction berücksichtigt wird, wenn man die Halbmesser nur in der Richtung der Mittelpunkte zu einander um den entsprechenden Betrag der Strahlenbrechung vermindert. Hierzu kann man den Winkel in der Mitte des scheibenförmigen Gestirns benutzen. Bezeichnet man denselben mit S und ist ϱ der Halbmesser ohne Rücksicht auf die Refraction, so wird $\varrho \cos S$ den Höhenunterschied zwischen dem Mittelpunkte des Gestirns und dem Berührungspunkte ausdrücken. Für diesen Höhenunterschied kann man nun die zugehörige Aenderung der Strahlenbrechung aus der Refractionstafel entnehmen, und diesen für die verticale Richtung gültigen Betrag auf die Richtung des Halbmessers zu übertragen, abermals mit $\cos S$ multipliciren. Der Correctionsfactor wird daher $\cos S$ und das Produkt ergiebt also eine Verkürzung des Halbmessers, ausgenommen wenn $S = 90°$ oder der horizontale Halbmesser in Betracht kommt. Ganz strenge genommen würde dieser horizontale Halbmesser auch noch wegen der Convergenz der Verticalkreise zum Zenith eine kleine Verminderung erfordern, welche für den Fall, wo die scheinbare Höhe $= 0$, also die wahre Höhe unter 0 wäre, selbst in eine kleine Vergrösserung übergehen müsste, da die Verticalkreise unter dem Horizonte zum Nadir hin convergiren; doch wird dieser ganze Betrag nur ein Bruchtheil einer Secunde, welcher für die Anwendung nicht weiter zu berücksichtigen ist. Im Uebrigen hat man die angedeutete Berechnung der Verkürzung des Halbmessers noch etwas vereinfachen können, indem man die durch die Refraction veränderte Scheibe als elliptisch gekrümmt annimmt, wodurch nämlich die Perpendikel auf dem horizontalen Halbmesser den gleichliegenden Perpendikeln der vollkommenen Kreisscheibe proportional werden. Hieraus folgt dann, wenn noch als fernere Näherung hinzugenommen wird, dass die Linien, welche von der Mitte der Kreisscheibe zu den Endpunkten jener Perpendikel gezogen werden, senkrecht den elliptischen Bogen durchschneiden: die gesuchte Verkürzung des geneigten Halbmessers werde

$= (\varrho - \varrho') \cos S^2$ sein, wenn ϱ den horizontalen, ϱ' den verticalen Halbmesser bezeichnet. Beide Voraussetzungen, wie auch jene dritte, dass der gemessene Bogen, welcher eigentlich normal zur veränderten Scheibe steht, von genau derselben Grösse sei, wie derjenige, welcher in der Richtung der Mittelpunkte der Gestirne liegt, sind zwar nicht strenge richtig, aber doch zureichend für die Anwendung, und bei näherer Untersuchung zeigte sich, dass ihre Fehler sich noch überdies nahezu compensiren (vergl. Schwarz a. a. O., p. 42).

Was endlich die Berücksichtigung der Abplattung der Erde betrifft, so hat man hierzu verschiedene Verfahrungsarten in Vorschlag gebracht. Man könnte zuerst, wie auch Delambre (*Astronomie* III, p. 636) bemerkt, die Verbesserung der Distanz für die Refraction allein ausführen, welches nach irgend einer der angeführten oder sonst gewählten genauen Reductionsmethoden geschieht. Um dann die Reduction auf den Mittelpunkt der Erde, also die Parallaxenwirkung zu berechnen, kann man sich eine Linie vom Mittelpunkte der Erde durch den Beobachtungsort gezogen denken, welche nach dem s. g. geocentrischen Zenith hinzeigt, und wegen der Abplattung also verschieden von der Richtung der Lothlinie oder dem geographischen Zenith ist, worauf die Refraction bezogen werden musste; daher die getrennte Berechnung des Einflusses der Refraction und Parallaxe. Die letztere lässt sich nun so berücksichtigen, dass man den Unterschied zwischen der geographischen und geocentrischen Breite * mit dem Cosinus des Azimuths multiplicirt und das Produkt von der auf das geographische Zenith bezogenen Höhe abzieht, wodurch die Höhen nunmehr auf das geocentrische Zenith bezogen sind. (S. a. Tafel 17 im Naut. Jahrb. von Dr. Bremiker.) Ferner ist dann die Aequatorial-Horizontalparallaxe des Mondes mit dem Erdradius des Beobachtungsortes zu multipliciren, und das Produkt als s. g. locale Horizontal-Parallaxe statt der ersteren auf gewöhnliche Art anzuwenden, um damit die Reduction auf den Mittelpunkt der Erde zu vollenden.

Die doppelte Rechnung wegen der Trennung der Refraction von der Parallaxe macht dies Verfahren sehr umständlich und man hat daher als zunächst liegende Abkürzung öfter den vollständigen Betrag der Refraction nach dem geocentrischen Zenith hinwirkend angenommen, um bei dieser im Allgemeinen noch zulässigen Näherung den Einfluss der Parallaxe und Refraction wieder vereinigen zu können.

Eine andere Form, gleichfalls die getrennte Berechnung der Refraction und Parallaxe zu vermeiden, besteht darin, dass man die Parallaxe zwar ihrem Werthe nach in Beziehung auf das geocentrische Zenith berechnet, dann aber

* Ist φ die geographische Breite oder Polhöhe, φ' die geocentrische Breite, r der Erdradius, a und b die halben Axen des Erdellipsoides, also $\frac{a-b}{a}$ die Abplattung, so sind die Formeln, wonach man schon Hülfstafeln berechnet hat:

$$\operatorname{tg} \varphi' = \operatorname{tg} \varphi \left(\frac{b}{a}\right)^2$$

$$r^2 = a^2 \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi' \cos (\varphi - \varphi')}.$$

Ein Maximum wird $\varphi - \varphi'$ für $\varphi = 45^\circ 5' 45''$ und beträgt dann nahe 11', mit der Abplattung $= \frac{1}{300}$. Ausführliche Tafeln, auch über die Grösse der verschiedenen Grade, sind von Encke in dessen Berliner Astron. Jahrb. f. 1852 vorhanden.

mit der Refraction zusammenfasst und so rechnet, als wirke die Parallaxe nach dem geographischen Zenith hin. Endlich verbessert man diesen Fehler nachträglich, dessen Betrag sehr nahe gleich dem 60. Theile des Produktes aus $\varphi - \varphi'$ multiplicirt mit dem Sinus des Azimuths und dem Sinus des parallactischen Winkels wird. Eine Tafel unter der Bezeichnung „Seitenparallaxe“ $= \frac{\varphi - \varphi'}{60} \sin Azim.$ ist die 19. und „Correction einer Monddistanz wegen der Seitenparallaxe“ die 20. Tafel der Bremiker'schen Sammlung in dessen Naut. Jahrb. (S. a. P. W. Tegner's Nautiske Astronomie, Th. 3, Kiöbenhavn 1840—44; Albrecht und Vierow's Lehrb. d. Naut., Berlin 1857; W. v. Freeden Handb. d. Naut., Oldenb. 1864; Sawitsch praktische Astronomie, Hamburg 1850; Brünnow sphärische Astronomie, Berlin 1851.) Formeln von Döllen für die Reduction der Monddistanzen mit Rücksicht auf die Abplattung der Erde und die Verkürzung der Halbmesser durch die Strahlenbrechung finden sich ausführlich entwickelt in L. Schwarz Abhandl.: Ueber die Reduction der scheinb. und wahren Monddistanzen auf einander, Dorpat 1865, p. 26 u. ff. Döllen hat neben den schon von Lacaille gebrauchten Winkeln S und M auch den dritten Winkel Z des Dreiecks, nämlich den Winkel am Zenith in der Formel aufgenommen, welcher mit den beiden andern Winkeln durch die Gleichung zusammenhängt: $\sin Z \cos M = \sin S \sin d$ oder $\sin Z \cos s = \sin M \sin d$. Eine Aenderung dieses Winkels, welche nur bei der Berücksichtigung der Abplattung der Erde vorkommt, ist in Beziehung auf die Aenderung der Distanz gleichfalls angegeben.

Ein noch anderes Verfahren zur Reduction der Monddistanzen gab Bessel (Astron. Nachr., 1832, Bd. 10, p. 17—62), wobei auf alle Correctionen zunächst strenge Rücksicht genommen wird. Die Anwendung dieser Methode setzt aber eine besonders eingerichtete Ephemeride voraus, welche freilich für einige Jahrgänge von Schumacher herausgegeben wurde, dann aber wieder aufhörte, da sie zu wenig Aufnahme fand. Eine Modification der Bessel'schen Methode mit Rücksicht auf die gewöhnlichen Ephemeriden gab Chauvenet in Gould's Astron. Journal, 1852, Bd. 2, p. 24 ff. Zur Methode von Bessel ist auch eine vergleichende Uebersicht gegeben von L. Schwarz in der oben angeführten schätzbaren Dissertation, Dorpat 1865.

Man kann die von Bessel angeführten Hülfsgrössen zu einer gewöhnlichen Reductionsform benutzen. Reducirt man nämlich die beobachtete Distanz vom Beobachtungsorte B zunächst auf denjenigen Punkt der Erdaxe O, welcher in der Verlängerung der Lothlinie liegt, so dient dazu die Hülfsgrösse $BO = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin \varphi^2)}}$, wenn e die Excentricität der Erdmeridiane, φ die geographische Breite und a den Halbmesser des Erdäquators bezeichnet. Ferner ist dann zur Reduction auf den Mittelpunkt der Erde C die Grösse $CO = \frac{a e^2 \sin \varphi}{\sqrt{(1 - e^2 \sin \varphi^2)}}$ anzuwenden. Für beide Grössen BO und CO sind übrigens die Logarithmen in den Hülfstafeln zu Bessel's Methode schon berechnet. Als Vorbereitung hat man zunächst aus dem Dreiecke zwischen dem Orte

des Mondes M und den beiden Punkten C und O die Relation $MO = CO \cdot \frac{\cos\delta}{\cos\delta'}$, wenn δ die Declination des Mondes vom Mittelpunkte C der Erde gesehen, δ' aber die Declination, wie sie von O gesehen erscheinen würde, folglich auch, mit Beziehung auf den Halbmesser a des Erdäquators, $\frac{a}{MO} = \frac{a}{MC} \cdot \frac{\cos\delta'}{\cos\delta}$ oder $p' = p \cdot \frac{\cos\delta'}{\cos\delta}$, so dass p' die auf den Punkt O bezogene Aequatorial-Horizontalparallaxe des Mondes, p die gegebene Aequatorial-Horizontalparallaxe für den Mittelpunkt der Erde ist. Die auf den Punkt O reducirte Declination δ' des Mondes ergiebt sich aus der geocentrischen Declination δ nach der Formel $\operatorname{tg}\delta' = \frac{\sin\delta + CO \cdot \sin p}{\cos\delta}$. Das Verhältniss $\frac{\cos\delta}{\cos\delta'}$ ist kaum merklich von der Einheit verschieden, so dass die Horizontalparallaxe p nur mit BO multiplicirt zu werden braucht, um mittelst dieser reducirten Horizontalparallaxe p' die Reduction der Distanz auf den Punkt O nach irgend einer der Formeln für die Monddistanzen auszuführen. Bei der noch übrigen Reduction auf den Mittelpunkt der Erde C hätte man, da beide Punkte O und C in der Erdaxe liegen, also die hieraus sich ergebende Parallaxenwirkung ganz in den Stundenkreis fällt, den Betrag des Unterschiedes zwischen δ und δ' mit dem Cosinus des Winkels zwischen der Distanz und dem Stundenkreise des Mondes zu multipliciren, und das Produkt als letzte kleine Correction für die Abplattung an die auf den Punkt O reducirte Distanz anzubringen, um die gesuchte Distanz für den Mittelpunkt der Erde zu erhalten. Ist die Höhe des Mondes nicht beobachtet, so lässt sie sich vorher mit der geographischen Breite, dem Stundenwinkel und der reducirten Declination δ' des Mondes für den Punkt O berechnen, um daraus die scheinbare Höhe für den Beobachtungsort B zu finden.

Uebrigens wird gegenwärtig das durch die Hülfstafeln im Jahrbuche von Dr. Bremiker unterstützte Verfahren sich am leichtesten ausführen lassen.

Um den Betrag der verschiedenen Correctionen in einem ausführlichen Beispiele zu übersehen, können noch die folgenden Beobachtungen dienen.

Am 28. December 1846 wurden in Hamburg die folgenden Abstände zwischen Sonne und Mond mit einem kleinen Troughton'schen Sextanten beobachtet, dessen Indexfehler + 6′ 20″ war. Das Barometer zeigte 30,5 Zoll engl. = 28 Zoll 7,4 Linien franz. Maass; das Thermometer — 6°,5 Réaumur. Die Breite des Beobachtungsortes ist 53° 33′ N., die Länge 10° östlich von Greenwich anzunehmen.

	Uhrzeiten	Distanzen	
	2 Std. 59′ 49″	131° 31′ 0″	Die Uhr war 2′ 10″ zurück gegen die mittlere Zeit des Beobachtungsortes, dessen Länge nach diesen Beobachtungen zu finden ist.
	3 2 23	31 10	
	3 5 27	32 50	
	3 10 17	33 30	
	3 14 7	36 20	
Mittel	3 Std. 6′ 25″	131° 32′ 58″	
Uhrfehler . .	+ 2 10	Indexf. + 6 20	
Mittl. Ortszeit	3 Std. 8′ 35″	131° 39′ 18″.	

Die Ephemeride ergab nun für diese Zeit folgende Hülfsgrössen:

für die Sonne:		für den Mond:	
Mittlere Rectascension	= 18 Std. 26′ 42″	Rectascension	= 3 Std. 6′ 44″
Declination	= 23° 18′ S.	Declination	= 15° 28′ N.
Zeitgleichung	1′ 50″	Horiz. Parall. . . .	57′ 30″
Halbmesser	16 17	Halbmesser	15 40.

Es folgt hieraus zunächst die wahre Sonnenhöhe 3° 13′, die wahre Höhe des Mondes 16° 36′ und damit ferner die folgenden Resultate:

1. Eine Auflösung ohne Rücksicht auf Barometer und Thermometer würde geben: die scheinbare Höhe der Sonne 3° 25′ 54″, die scheinbare Höhe des Mondes 15° 44′ 2″, die scheinbare Distanz 132° 11′ 19″; und damit die wahre Distanz 131° 59′ 0″ und die Länge 10° 33′ O.

2. Mit Rücksicht auf den Stand des Barometers und Thermometers erhält man: die scheinbare Sonnenhöhe 3° 27′ 17″, die scheinbare Mondshöhe 15° 44′ 22″, die scheinbare Distanz 132° 11′ 19″; demnach die wahre Distanz 131° 59′ 43″ und die Länge 10° 12′ O.

3. Wenn noch die Correction wegen der Verkürzung der Halbmesser durch die Refraction angebracht wird, so beträgt diese Verkürzung für den geneigten Sonnenhalbmesser 8″, für den Mondhalbmesser ist sie Null. Die scheinbare Distanz wird also 132° 11′ 11″, die wahre Distanz 131° 59′ 35″ und damit die Länge 10° 16′ O.

4. Wenn endlich auch die Abplattung der Erde berücksichtigt wird, so ist der Betrag im Resultate eine Verminderung der Distanz um 4″, wonach die wahre Distanz 131° 59′ 31″ und die Länge 10° 18′ O.

Aus Sextantenbeobachtungen können solche Längenbestimmungen nur dann ganz frei von den Fehlern des Instrumentes werden, wenn man auf entgegengesetzten Seiten des Mondes die Distanzen von nahe gleicher Grösse beobachtet hat, wodurch nämlich die Fehler im Mittel des Resultates für die Länge aufgehoben werden, da sie bei zunehmenden und abnehmenden Distanzen im entgegengesetzten Sinne wirken müssen. Ist z. B. der Excentricitäts- und Theilungsfehler des Sextanten von der Art, den gemessenen Winkel zu gross zu geben, so wird im vorigen Beispiele die Länge zu klein, weil die Distanzen zunehmen. Das Gegentheil würde also auf der andern Seite des Mondes, nämlich bei abnehmenden Distanzen eintreten. Ueberdies würde hierdurch zugleich der etwa noch übrige Fehler im Mondsorte eliminirt werden.

Die Vollkreise zu Reflexionsbeobachtungen, s. g. Patentkreise, wie sie von Pistor und Martins in Berlin angefertigt werden, welche mit einem Prisma statt des kleinen Spiegels und mit doppelten Nonien zu entgegengesetzten Ablesungen versehen sind, während die Beobachtungsweise genau dieselbe wie bei Sextanten ist, sind also frei von den obigen Sextantenfehlern, und haben sich überhaupt schon sehr bewährt, so dass eine allgemeinere Einführung dieser Reflexionskreise zu wünschen wäre. Die etwa noch übrigen Fehler, auch bei diesen Vollkreisen, würden wahrscheinlich in dem optischen Theile des Instruments zu suchen sein, indem der Lichtstrahl, wie bei den Sextanten, erst durch eine mehrmalige Brechung, die sich bei Anwendung der Verdunkelungsgläser

noch vermehrt, in das Fernrohr gelangt. Solche Fehler wären demnach durch eine zweckmässige Combination der Beobachtungen, wobei sie mit entgegengesetzter Wirkung auftreten, kennen zu lernen, und das Resultat auch von diesen Fehlern zu befreien, wie in dem angeführten Falle für die Längenbestimmung, wenn man Distanzen von nahe gleicher Grösse östlich und westlich vom Monde beobachtet.

Als ein praktisches Beispiel zur Bestimmung der Länge aus Monddistanzen, wobei ein Beobachter die Höhenmessung sowohl als die Distanzmessung allein ausführt, kann noch das folgende dienen.

Am 4. April 1843, auf einer Reise von Hamburg nach Sierra Leona, angelangt in 22° 8′ N. Breite und 35° geschätzter W. Länge von Greenwich, stellte Capitain Diederichsen aus Flensburg folgende Beobachtungen an, nach einem Chronometer, welches muthmasslich 1 Std. 13′ 21″ zurück gegen mittlere Zeit in Greenwich war. Die Höhe des Auges betrug 10 Fuss und der Indexfehler des Instruments + 2′ 15″.

Chronometerzeit	Beobachtungen			
3 Std. 31′ 11″	Höhe des unteren Sonnenrandes	51°	50′	
34 57	„ „ oberen Mondrandes	76	57	
37 0	Distanz der Ränder	51	33	30″
38 6	„ „ „	51	33	45
38 58	„ „ „	51	34	0
39 49	„ „ „	51	34	30
41 3	Höhe des unteren Sonnenrandes	49	41	
42 46	„ „ oberen Mondrandes	78	26.	

Hiernach die Länge zu finden und den Stand des Chronometers zu prüfen.

Die Auflösung beginnt mit der Berechnung des Mittels aus den beobachteten Distanzen. Es findet sich um 3 Std. 38′ 28″ Chronometerzeit die Distanz 51° 33′ 56″. Auf denselben Zeitpunkt sind dann die Höhen zu reduciren. Da nämlich den Beobachtungen zufolge die Sonnenhöhe sich in 9′ 52″ um 2° 9′ verändert hat, so wird sie in 7′ 17″ sich um 1° 35′ ändern, mithin 50° 15′ sein. Eben so wird die Höhe des oberen Mondrandes zu derselben Zeit 40′ mehr als 76° 57′, also 77° 37′ betragen. Ferner ist nun für die Zeit der Beobachtung oder 4 Uhr 51′ 49″ mittlere Zeit in Greenwich der Halbmesser der Sonne 16′ 0″, der Halbmesser des Mondes 15′ 2″ sammt 15″ Vergrösserung für die Höhe; die Horizontalparallaxe des Mondes 55′ 8″. Die Declination der Sonne 5° 38′ N., die Zeitgleichung + 3′ 9″. Die beiden letzten Grössen sind zur Berechnung der mittleren Ortszeit anzuwenden. Nachdem jetzt die Correction des Instruments, die Depression des Horizonts und die Halbmesser angebracht sind, ergeben sich die scheinbaren Höhen des Mittelpunkts und die scheinbare Distanz wie folgt:

$$s = 50^\circ\,30',\quad m = 77^\circ\,21',\quad d = 52^\circ\,7'\,28''.$$

Der Beobachter hat es nun vorgezogen, nach der kürzesten Formel (32) zu rechnen, also die wahre Distanz d' mittelst der Horizontalparallaxe des Mondes $p = 55'\,8''$ nach der Formel zu bestimmen:

$$d' = d - p\,\frac{\sin d}{\sin s} + p\,\frac{\sin m}{\operatorname{tg} d} + \text{Corr. für Refr. etc. (aus den Tafeln).}$$

Hiermit findet sich:

$$d' = 52^\circ\,7'\,28'' - 53'\,54'' + 41'\,51'' + 1'\,0'' = 51^\circ\,26'\,25''.$$

Nach der Ephemeride war die wahre Distanz um 3 Uhr 51° 3′ 52″ und ihre Veränderung in 3 Stunden 1° 24′ 10″, demnach die mittlere Zeit in Greenwich 4 Uhr 52′ 23″, welches mit der Angabe des Chronometers und seines gemuthmassten Standes, nämlich 4 Uhr 51′ 49″, bis auf 34 Secunden übereinstimmt.

Die Berechnung der Ortszeit mittelst der Breite 22° 8′ N., der Declination 5° 38′ N. und der zweiten wahren Höhe der Sonne 50° 29′ ergab die wahre Ortszeit 2 Uhr 31′ 19″ und nach Hinzufügung der Zeitgleichung oder + 3′ 9″ die mittlere Ortszeit 2 Uhr 34′ 28″; mithin war das Chronometer 1 Std. 6′ 35″ voraus gegen die mittlere Ortszeit. Es zeigte aber 3 Std. 38′ 28″ als Mittel zu den Distanzenbeobachtungen, folglich ist 2 Uhr 31′ 53″ die entsprechende mittlere Ortszeit; demnach der Längenunterschied in Zeit 2 Uhr 20′ 30″ oder 35° 7′ W. Länge.

Unter den gegebenen Verhältnissen in diesem Beispiele, welches auf die kürzeste Art aufgelöst ist, würde auch die schärfste Rechnung nichts hinzufügen können, was mit Rücksicht auf die Grenze der Genauigkeit der Beobachtungen von irgend einer Erheblichkeit wäre, da es sich nicht um die genaue Bestimmung eines festen Punktes handelt. Man vermisst hierbei kaum die fehlende Angabe der meteorologischen Instrumente, welche bei niedrigen Höhen so unentbehrlich ist, dass ihre Vernachlässigung das Resultat für die Ortsbestimmung wesentlich entstellen kann.

Kapitel V.

Von den Eigenschaften der Körper im Allgemeinen.

A. Der physische Körper im Gegensatze zum mathematischen Körper.

§. 222. Einleitung.

In den vorhergehenden Kapiteln wurden die mathematischen Verhältnisse des Raumes dargestellt, die Methoden der Abmessung desselben nach Ort und Zeit geschildert.

Die Wirkung aber der physikalischen Kräfte oder die Bewegungserscheinungen in der Körperwelt sind ausser den räumlichen und zeitlichen Verhältnissen auch noch von der im Raume enthaltenen Materie abhängig und werden mithin die Eigenschaften dieser Materie, soweit sie bei allen physikalischen Erscheinungen in Betracht kommen, ein fernerer Gegenstand der allgemeinen Einleitung in die Physik sein.

Eigenschaften, die von dem Begriffe des Körperlichen, der Materie untrennbar, also bei jeder an Körpern zu beobachtenden Erscheinung mitwirkend sind, pflegt man allgemeine Eigenschaften der Materie zu nennen. Gewöhnlich

rechnet man hierher die Begriffe: Ausdehnung, Raumerfüllung (Undurchdringlichkeit, Tastbarkeit); Porosität (unterbrochene Stetigkeit, Discontinuität der Materie); Theilbarkeit; Bewegbarkeit; Trägheit, Beharrungsvermögen; allgemeine Anziehung (Massenanziehung, Gravitation, Schwere, Wägbarkeit).

Diesen allgemeinen Eigenschaften stellt man als besondere (zufällige, sekundäre) diejenigen gegenüber, die als das Resultat der in verschiedenem Grade bei den Körpern vorhandenen allgemeinen Eigenschaften bei jedem Körper sich verschieden gestalten können, wie z. B. Durchsichtigkeit, Leitungsfähigkeit u. s. f.

Sind aber die besonderen Eigenschaften in der That aus dem Zusammenwirken der immer, wenn auch in verschiedenem Grade vorhandenen allgemeinen Eigenschaften entstehend, so werden sie auch keinem Körper absolut fehlen, mithin auch keinen absoluten Gegensatz gegen die allgemeinen Eigenschaften bilden. Vielmehr wird man folgern müssen, dass die s. g. besonderen Eigenschaften ebenfalls jedem Körper nur in einem dem Grade nach verschiedenen Maasse zukommen. Somit wäre, wie wir auch annehmen dürfen, z. B. kein Körper absolut undurchsichtig, oder absolut unfähig, Wärme oder Elektricität zu leiten, u. s. f.

Die Begriffe der gewöhnlich s. g. allgemeinen Eigenschaften der Materie, welche soeben aufgezählt wurden, haben nun für physikalische Betrachtungen einen sehr ungleichen Werth und beruhen auch auf verschiedenen Principien. Die Beschaffenheit der Materie, wie sich dieselbe uns durch die sinnliche Wahrnehmung der uns umgebenden Körperwelt darstellt, wird durch Schlüsse der Analogie auf die Beschaffenheit der kleinsten, sich unserer Wahrnehmung entziehenden materiellen Theile übertragen. Die Raumerfüllung, das Zerfallen der Körper in kleine Theile, die Möglichkeit, diese einander nähern und von einander entfernen zu können, gehören in die eine Klasse dieser Begriffe, die man die passiven Eigenschaften der Materie nennen kann. Durch sie wird eben nur die Materie als etwas Reales hingestellt und angegeben, wie dieselbe im Raume in getrennten Körpern existirt. Gründe, weshalb ein bestimmter Körper bestimmte Qualitäten zeigt, sind aus diesen passiven Eigenschaften nicht zu entnehmen.

Die andere Klasse der s. g. allgemeinen Eigenschaften der Materie soll im Gegentheil anzeigen, warum die Materie in den einzelnen Körpern zusammenhält, wodurch die Verschiedenheit des Zusammenhanges der Theile eines Körpers oder die Beziehungen der Körper zu einander geregelt werden. Streng genommen ist hier nicht mehr von einer Eigenschaft der Materie die Rede, sondern es ist die Voraussetzung gemacht, dass sich zur Materie eine Kraft gesellt, welche veranlasst, dass die für sich todte Materie jetzt Wirkungen nach Aussen zeigt, die als Anziehungen und Abstossungen auftreten. Ist aber das Auftreten solcher Kraft stets mit der Existenz der Materie verbunden (und die physikalische Erfahrung kennt keine von der Materie abgelösten Kräfte), so würde es nur ein Wortstreit sein, diese Kräfte nicht als Eigenschaften der Materie bezeichnen zu wollen. Indem die Hypothese, dass jeder Körper auf

einen anderen so einwirke, als ob er mit einer anziehenden, mit abnehmender Stärke in die Ferne wirkenden Kraft begabt sei, sich zur genauen Erklärung vieler Erscheinungen bewährt hat, ist nun wieder durch den Schluss der Analogie die Existenz solcher mit der Materie vereinter Kräfte für die kleinsten Körpertheilchen in Anspruch genommen worden, um hiermit die ungleiche innere Beschaffenheit der Körper zu erklären.

Man wird hiernach das Erfahrungsmässige bei der Aufstellung der allgemeinen Körpereigenschaften von dem nur auf der Speculation Beruhenden zu trennen haben. Die Sinneserfahrung zeigt bis zu gewissen Gränzen der Wahrnehmbarkeit: Raumerfüllung, Theilbarkeit, Massenanziehung u. s. w. Die Speculation setzt die Folgerungen über die Erfahrung hinaus fort, um ein Bild der inneren Constitution der Materie und der Wechselbeziehungen der Körpertheile zu entwerfen.

Die speculative Betrachtung über die Grundbegriffe der Materie und der Kraft ist nun zwar bereits oben in Kapitel II angestellt, so dass es genügend erscheinen könnte, hier die Erfahrungen allein vorzuführen. Indessen ist der Standpunkt, von welchem aus die Erfahrungen unter allgemeinere Grundanschauungen gebracht werden, hier ein anderer. Oben sollte untersucht werden, in wie weit auf Grund unserer Erkenntniss und der Erfahrung und mit Anwendung logischer Kritik die Begriffe von Materie und Kraft festgestellt werden könnten. Hier hingegen, in der Einleitung zu den empirischen Untersuchungen der Physik, wird auf jene Grundbegriffe nur insofern eingegangen, als diejenigen verschiedenen Vorstellungsweisen derselben aufgeführt werden, welche sich für die meisten Zweige der Naturkunde am geeignetsten gezeigt haben, die sinnliche Wahrnehmung zu unterstützen, die erfahrungsmässigen Thatsachen in mathematische Formen zu kleiden und hierdurch den experimentellen Untersuchungen einen Leitfaden zu geben.

Die Atomistik der heutigen Physik und Chemie ist, wie oben gezeigt wurde und wie aus dem Folgenden noch weiter erhellen wird, durchaus kein in den Ansichten der verschiedenen Naturforscher übereinstimmendes System. Die Atomistik wechselt ihre Gestalt so sehr, dass sie ein Mal in der Boscovich'schen Lehre von Kräftepunkten, namentlich in der von Faraday angenommenen Form dieser Lehre, einem dynamischen System nahekommt; ein anderes Mal nur materielle mit Kräften begabte Atome, ein drittes Mal Atome verschiedener Ordnungen erdenkt, von denen die einen alle Eigenschaften der grobsinnlichen Materie besitzen, die anderen dagegen nicht, obschon sie doch wieder materiell sein sollen, u. s. f.

Diese verschiedenen Annahmen bezwecken wesentlich nur die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen eines bestimmten Erfahrungsgebietes unter einer gemeinsamen Grundanschauung zu vereinigen und leisten dies um so vollkommener, als die Annahme getrennter, Kräfte ausströmender Centren, wie sie in jeder der modernen Atomistiken gemacht wird, der mathematischen Behandlung vorzugsweise günstig ist, sobald eben gewisse Sätze von der Beschaffenheit der Materie und der mit ihr verbundenen Kräfte als Axiome vorausgeschickt werden.

Dieser praktische Gesichtspunkt hat ohne Zweifel seine Berechtigung, da

er vorzugsweise für die Experimentalwissenschaften förderlich war und ist. Allein die Constitution der Materie, die Natur ihrer Kräfte, werden niemals auf diesem Wege erkannt werden und sind die hierüber von der Physik und Chemie aufgestellten Ansichten nur als zweckmässige Anschauungsformen anzusehen, um die bekannten Erfahrungen darunter zu subsummiren. Die Entwickelung dieser Wissenschaften lehrt, dass die Meinungen über jene Grundbegriffe sich, um den jeweiligen Erfahrungen zu genügen, fortwährend ändern müssen, was schon allein beweist, dass diese Ansichten nur den Werth von Hypothesen beanspruchen, welche beizubehalten sind, so lange sie die Erfahrungen darstellen, verworfen werden müssten, wenn sie ihnen widersprächen. Für jetzt sind die im Folgenden dargestellten am allgemeinsten üblichen Anschauungsformen einer, übrigens von verschiedenen Forschern sehr verschieden gedachten atomistischen Constitution der Materie (s. u. §. 233. 34) und von Kräften, die nach gewissen Grundregeln in der Materie wirksam sind, am fruchtbarsten und um deswillen so lange beizubehalten, bis etwa unsere Hülfsmittel, namentlich die Fortschritte der mathematischen Wissenschaften, gestatten möchten, mit einfacheren Annahmen die Erscheinungen zu construiren.

§. 223. Die passiven Eigenschaften der Materie.

a. Ausdehnung, Raumerfüllung, Undurchdringlichkeit, Tastbarkeit.

Zwei Eigenschaften lehrt die Erfahrung durch unsere Sinneswahrnehmung als allen Körpern zukommende. Was wir als Körper erkennen sollen, muss eine gewisse räumliche Ausdehnung besitzen, sich abgränzen gegen die benachbarten Körper und muss diesen Raum ausfüllen, in diesem Raume Undurchdringlichkeit haben, weil es sonst eben nicht eine Gränze gegen andere Körper bildete. Die beiden eng mit einander verbundenen Begriffe der Ausdehnung und Raumerfüllung werden uns zunächst erfahrungsmässig von der sinnlichen Wahrnehmung, durch unser Gefühl aufgedrungen: durch die unmittelbare Tastbarkeit vieler Körper erfahren wir deren Begränzung und Undurchdringlichkeit.

Wo das Tastgefühl uns im Stiche lässt, wo wir einen leicht beweglichen Körper, wie z. B. die Luft, nicht durch Tastung einen Raum begränzend und erfüllend wahrnehmen, stellt sich die Tastbarkeit ein, sobald wir den Körper durch Einschliessen in ein Gefäss verhindern, uns auszuweichen: ein enganschliessender Kolben in einen mit Luft erfüllten Cylinder hineingestossen, zeigt, dass die Luft zwar auf einen kleineren Raum zusammengedrückt werden kann, aber mit zunehmender Kraft den Kolben hindert, in sie einzudringen. Dem verfeinerten oder durch Hülfsmittel unterstützten Gefühlssinne, so schliessen wir, würde bei noch weit feinerer Materie die Ausdehnung und Undurchdringlichkeit derselben erkennbar werden *.

* Die Raumerfüllung oder Undurchdringlichkeit ist nach dieser Vorstellung eine passive Eigenschaft der Materie; diese kann einer anderen, welche in ihren, von ihr nicht zu verlassenden Raum hineingedrängt werden soll, keinen Platz machen. Die Undurchdringlichkeit ist aber früher, wo die Scheidung der Begriffe innerhalb der Materie: der Kraft und des Substrates für den Sitz der Kraft, nicht immer festgehalten wurde, vielfach als eine Kraft aufgefasst worden, die mit der Repulsionskraft der jetzt angenommenen Molekularkräfte zusammen-

Sind nun auch diese beiden Eigenschaften der Materie uns so nothwendig erscheinend, dass sie die Bedingung der Vorstellbarkeit der Materie in sich enthalten, so ergiebt sich doch sofort die Schwierigkeit, dass wir sie nicht auf jeden beliebigen Körper als Ganzes anwenden dürfen. Denn die Erfahrung zeigt, dass die uns bekannten Körper, sei es durch mechanische Pressung, sei es durch andere Mittel, z. B. durch Entziehung der Wärme, auf eine kleinere Ausdehnung zurückgeführt werden können. Will man also nicht in den Widerspruch gerathen, die Undurchdringlichkeit der Materie als Ganzes anzunehmen und doch für die Theile, die bei der Zusammendrückung in einander gehen müssten, in Abrede zu stellen, so ist man gezwungen, entweder der Materie die Eigenschaft zuzuschreiben, veränderliche Räume ausfüllen, sich verdichten oder verdünnen zu können. Oder man muss jeden Körper als aus undurchdringlichen Theilen zusammengesetzt ansehen, die aber durch Zwischenräume von einander getrennt sind.

Ob diese Zwischenräume leer sein sollen, oder von einer anderen, durch die Annäherung der Körpertheilchen zu verdrängenden Materie, die nur zu fein ist, um bei ihrer Verdrängung durch unsere Sinne erkannt zu werden, erfüllt gedacht werden sollen, bleibt dabei unentschieden. Immer aber wird der Begriff der Ausdehnung und der Undurchdringlichkeit dann auf die kleinsten Körpertheile beschränkt.

Die letztere Annahme ist es, welche, obwohl sie in ihren Consequenzen auf grosse logische Schwierigkeiten stösst, dennoch jetzt sehr allgemein, ja fast allein den physikalischen Untersuchungen zum Grunde gelegt wird. Theils passt sich die Annahme getrennter Körpertheile, die sich in leeren oder mit feiner Materie gefüllten Räumen gegen einander und von einander hinweg bewegen können, unserer Vorstellung leichter an, indem wir hierin ein Bild im Kleinen wiederzufinden glauben, wie die Bewegung der Körpermassen unserer Sinneswahrnehmung im Grossen erscheint. Theils eignet sich die Auflösung eines Körpers in einzelne Theile besonders dazu, um die Beziehungen der Theile zu einander unter mathematische Begriffe zu bringen.

Die physikalische Atomistik ist eine Hypothese, welche aber, wie Fechner * sich ausdrückt, so lange als Baumeisterin des physischen Gebietes wirken soll, bis eine andere mehr als sie zu leisten vermag, nämlich besser als sie den Gang der Forschung, die Form und Methode der Darstellung, die Anknüpfungsweise an andere Gebiete, die Begründung allgemeiner Ansichten bestimmen könne.

§. 224.

b. Die Porosität, Discontinuität der Materie. Zusammendrückbarkeit.

Die Annahme getrennter Körpertheilchen enthält zugleich die Vorstellung von Zwischenräumen, welche, auch wenn man sie mit Materie erfüllt denken

fallen würde (s. Th. Young *lect.* und unten die Literatur). Aus den Versuchen, welche die mit der Compression eines Körpers wachsende Kraft des Widerstandes zeigten oder die Wiederherstellung des Raumes zusammengedrückter elastischer Körper bewiesen, folgerte man diese mit der Undurchdringlichkeit gleich zu setzende Repulsionskraft. Indessen ist die Unfähigkeit der Materie, ihre Räumlichkeit aufzugeben, was wir jetzt Undurchdringlichkeit nennen, sehr deutlich von der Wirkung einer Zurückwerfung oder Abstossung zu unterscheiden. Erstere begränzt die Wirkung mit der Gränze der, wie geringfügig auch angenommenen, materiellen Ausdehnung, letztere führt dieselbe über diese Gränze hinaus, ist also ein Neues, wodurch die Materie sich thätig erweisen würde, was wir aber jetzt als eine Kraft im Begriffe von der Materie scheiden.

* Atomenlehre, 2. Aufl., S. 72.

will, doch jedenfalls die Unterbrechung der Stetigkeit derjenigen Materie bilden, aus welcher der von uns sinnlich wahrgenommene Körper besteht. *

Diese Eigenschaft der unterbrochenen Stetigkeit zwischen den Theilen des physischen Körpers wird die Porosität genannt. Die Zwischenräume oder Poren denkt man, nach Analogie der sinnlichen Wahrnehmung bei porösen Körpern, wie z. B. einem Schwamme, als Räume zwischen den Theilen des tastbaren Körpers, in welche sich diese begeben können, sobald sie durch äussere Veranlassung einander genähert werden. Die hypothetischen, wegen ihrer ausserordentlichen Kleinheit der Sinneswahrnehmung entzogenen Poren brauchen nicht nothwendig leer gedacht zu werden, sie könnten mit einer feinen Materie erfüllt sein, etwa wie in den Poren eines Schwammes Luft oder Wasser enthalten sind, welche man auspresst, wenn der Schwamm gedrückt wird. Dann würde aber offenbar wieder für diese feinere Materie derselbe Gegensatz der Anschauungen, der im vorigen Paragraphen nachgewiesen wurde, aufzustellen sein: entweder diese feine Materie ist continuirlich und besitzt die Eigenschaft der veränderlichen Raumausfüllung, oder auch sie besteht aus undurchdringlichen kleinen Theilen, die wieder durch Zwischenräume getrennt sind. Die Betrachtung liesse sich nun wieder auf diese zweite Klasse von Zwischenräumen anwenden und man gelangt also immer zu der Vorstellung entweder einer veränderlich ausdehnbaren Materie oder einer Discontinuität derselben, die schliesslich leere Räume zwischen den kleinsten Theilen bestehen lässt.

In der Physik sind nun zur Erklärung vieler Erscheinungen, z. B. des Lichtes oder der Wärme, in der That vielfach von einander unterschiedene Hypothesen über die Ausfüllung der Poren tastbarer Körper aufgestellt worden, welche aus den im vorigen Paragraphen angegebenen Gründen fast immer auf die Annahme getrennter materieller Theile hinausgehen. Ein tastbarer Körper würde also z. B. gedacht werden als aus getrennten Theilchen mit feinen Zwischenräumen bestehend, diese Zwischenräume (1. Ordnung) aus getrennten Theilchen einer ausserordentlich viel feineren Materie (Aether) mit neuen ausserordentlich kleineren Zwischenräumen (2. Ordnung). Der Speculation ist hier völlig freie Hand gelassen und jede derartige Hypothese wird angemessen sein, wenn sie sich durch den praktischen Erfolg bewährt, eine grössere Zahl von Erscheinungen zu erläutern.

* Die Auffassungsweise einer Discontinuität der Materie, welche im Gegensatze zu der oben in Kapitel II empfohlenen dynamischen Naturansicht steht, wird fast von allen Naturforschern getheilt und ist auch in verschiedenen Theilen dieses Buches angenommen worden. Mir scheint der Gegensatz der dynamischen und der mechanischen Naturansicht in den von beiden Auffassungen voranzustellenden Axiomen so am schärfsten sich auszusprechen. Die dynamische Naturansicht fordert: 1. dass die Materie ihren Raum veränderlich erfüllen könne (vergl. S. 408), 2. dass die Kräfte der Materie immanent seien (vergl. S. 410). Die mechanische Naturansicht sondert im Begriffe die Materie und die Kraft und muss, um beide mit einander in Beziehung zu bringen, die Axiome hinstellen: 1. Kräfte sind den materiellen Theilen zugesellt; 2) Wirkungen der Kräfte können durch den leeren Raum hindurch in die Ferne stattfinden. Die Axiome der dynamischen Ansicht erscheinen als Ausdrücke unserer Erfahrung durch die Sinne. Die Axiome der mechanischen Ansicht sind zwar nicht zu begreifen, dennoch ist ihre Anwendung gerechtfertigt, weil, sobald dieselben vorausgeschickt sind, die darauf

gebaute Anschauung unseren jetzigen Erfahrungen genügt und sich für die Erweiterung derselben fruchtbar bewiesen hat (vergl. S. 351 und den vorigen §.). Ferner erhellt, dass, je nachdem der Begriff der Materie aus der einen oder andern Vorstellungsweise construirt wird, auch die Begriffe über die der Materie wesentlichen allgemeinen Eigenschaften andere sein werden. Wirklich gehen schon über die bisher erwähnten Eigenschaften die Ansichten sehr auseinander, indem nur der Begriff der Ausdehnung allgemein als wesentliche Eigenschaft der Materie aufgestellt wird, während dies für Raumerfüllung, Undurchdringlichkeit, Porosität u. s. w. nicht der Fall ist.

Während für eine consequente Durchführung der in der Physik gebräuchlichen Ansicht von der Discontinuität der Materie die Undurchdringlichkeit der kleinsten Körpertheile eine nothwendige Forderung wird, ist in der dynamischen Ansicht die Undurchdringlichkeit keine Eigenschaft der Materie, sondern die Wirkung von Kräften, die an die Materie gebunden sind und durch ihre relative Grösse die mehr oder weniger ausgedehnte Raumerfüllung veranlassen *.

Die Porosität ist für die dynamische Ansicht von selbst wegfällig, da dieselbe das stetige Aneinanderschliessen von Materie (wenn auch verschiedener Qualität) annimmt. Porosität wird aber auch nicht von allen Anhängern der mechanischen Naturansicht als nothwendig zum Wesen der Materie betrachtet, da, wie z. B. Biot sich ausdrückt, sich Körper denken lassen, die, ohne sie zu besitzen, für unser Wahrnehmungsvermögen vorhanden sein können **. Diese Argumentation ist zwar richtig und muss sogar in aller Strenge für die kleinsten von der mechanischen Theorie angenommenen undurchdringlichen materiellen Theile gültig sein. Allein wenn von der erfahrungsmässigen Eigenschaft der physischen Körper die Rede ist, so müssen wir nach der mechanischen Theorie folgern: weil alle uns bekannten Körper auf einen kleinen Raum zusammengedrückt werden können, müssen Zwischenräume, Poren, zwischen den Körpertheilen sein. Indem wir ferner erfahrungsmässig bemerken, wie in den Raum von tastbaren Körpern andere Materien, z. B. Flüssigkeiten oder Gase, eindringen, schliessen wir wieder, wenn die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit festgehalten werden soll, auf Zwischenräume oder Poren. Die Analogie, die von grobsinnlich wahrnehmbaren Poren zu immer feineren Zwischenräumen führt, gelangt dann endlich zur Vorstellung der jenseits der Wahrnehmbarkeit gelegenen Poren zwischen den kleinsten Körpertheilen.

Beispiele von der Erklärung der immer feineren Porosität durch die Analogie liefern uns alle Körper. Beginnt man mit Körpern, die man aus einzelnen Stücken zusammensetzt, so ist aus der Geometrie einleuchtend, dass nur gewisse Körperformen einen Raum völlig ausfüllend gedacht werden können, z. B. lauter unter einander gleiche sechsseitige, von vollkommenen Ebenen begränzte Prismen, dass dagegen die meisten Körperformen bei ihrem Zusammenlegen Lücken zwischen sich lassen würden. Cylindrische, kugelförmige Gestalten z. B., wie die Fäden von Geweben, die kleinen Theilchen pulverisirter Körper, müssen nothwendig Zwischenräume haben, in welche andere Körper eindringen können, und so sehen wir, dass Flüssigkeiten und Luftarten solche Körper zu durchziehen vermögen. Aber auch die von Ebenen begränzt erscheinenden Körperformen, wie z. B. krystallisirte Mineralien, lassen vielfach erkennen, dass die Ebenen einander nicht völlig berühren, wie dies unter Anderem durch glänzende Farbenerscheinungen (Farben dünner Blättchen) an vielen Mineralien gezeigt wird. Hieraus ist der Schluss zu ziehen, dass alle Körper, die eine regelmässige Anordnung von Theilchen zeigen und dadurch auf ein Aneinanderlagern von Theilchen an Theilchen hinweisen, stets Poren zwischen diesen Theilchen haben, also fast alle organischen Materien und sehr viele unorganischen Materien, welche solche regelmässige Theilchenanordnung (Structur, Gefüge) zeigen. Schon die älteren mikroskopischen Untersuchungen lehrten in organischen Körpern, Pflanzen und Thieren, die ausserordentliche Menge feiner Oeffnungen kennen, welche die Ernährung vermitteln. Mit der fortschreitenden Verbesserung des Mikroskops

* S. Fries mathematische Naturphilosophie, Heidelberg 1822, 8., S. 443 ff., wo Kant's dynamische Theorie in der Kürze dargestellt ist.

** Biot Experimentalphysik, übersetzt von Fechner, I, S. 11.

wurden stets zahlreichere und feinere Poren wahrgenommen, deren Function die Erfahrung darin erkennen liess, den Körper für Flüssigkeiten und Luftarten durchdringbar zu machen. Wo also diese Eigenschaft wahrgenommen wird, schliessen wir auf Porosität. Dies Eindringen und Durchdringen von Flüssigkeiten oder Gasen lässt sich bei allen Körpern erkennen, die ein gewisses Gefüge zeigen, bei einigen leichter wie beim Holze oder blätterigen Mineralien, z. B. beim Schiefer, bei anderen schwerer, wie den dichten krystallinischen Körpern.

Aber auch bei solchen Körpern, an denen unsere Sinne keine Structur entdecken können, wie z. B. den Flüssigkeiten oder dichten Metallen, machte die Erfahrung die Existenz von Poren wahrscheinlich, indem man bemerkte, dass auch in solche Körper mit grösserer oder geringerer Leichtigkeit Gase eindringen (Absorption) und durch sie hindurchdringen (Diffusion). Auch dass manche Körper nach ihrer Vereinigung einen kleineren Raum einnehmen als die Summe beider getrennten Räume war, dass z. B. 2 Theile Alkohol, die mit 1 Theile Wasser gemischt werden, weniger als 3 Raumtheile ergeben. Bei den wenigen Körpern endlich, an denen wir das Eindringen und Durchdringen anderer Materie nicht bemerken können, wie z. B. bei Gläsern, würde dann sowohl aus ihrer Zusammendrückbarkeit als aus der Analogie geschlossen werden, dass sie zu feine Poren besässen, um Flüssigkeiten oder Luftarten durchzulassen, dass aber für feinere Materie ihre Durchlässigkeit bestehen könne. Der Durchgang des Lichtes und der Wärme durch solche Körper wird dann benutzt, um die Anwesenheit einer solchen hypothetischen feinen Materie in denselben wahrscheinlich zu machen.

§. 225.

c. Theilbarkeit.

Da der physische Körper nach der mechanischen Naturauffassung aus wirklich getrennten (nur durch noch unbestimmte Ursachen zusammenhängenden) Theilchen besteht, so sagt der Begriff der **Theilbarkeit**, welcher gleichfalls zu den allgemeinen Eigenschaften der Materie gerechnet wird, nichts weiter aus, als dass erfahrungsmässig die Körper in ihre Theile zerlegt werden können. Wir bemerken ferner, dass alle mechanischen Zerlegungen eines Körpers diejenigen Merkmale der Theilchen, aus denen wir die besondere Natur der Substanz erkennen, ungeändert lassen. Eine Goldmasse zeigt z. B., wie fein sie auch ausgewalzt wird, dieselbe Farbe, denselben Glanz, dasselbe Verhalten gegen Säuren u. s. w. Sodann ergiebt sich, dass, je mehr sich unsere Hülfsmittel, Zertheilungen der Materie auszuführen, vervollkommnen, die Theilbarkeit ohne Aenderung der Substanzbeschaffenheit immer weiter fortgesetzt werden kann, wir also niemals zu einer erfahrungsmässigen Gränze der Theilbarkeit gelangen.

Ueber diese Erfahrung hinaus fordert aber doch die mechanische Naturanschauung eine wirkliche Gränze der Theilbarkeit, also eine Beschränkung der Allgemeinheit dieses Begriffes, weil wir sonst auf unendlich kleine, das heisst räumlich ausdehnungslose Theile geführt würden, was dem aufgestellten Grundbegriffe der Materie widerspricht. Die in der Vorstellung gegebene Gränze der Theilbarkeit physischer Körper ist also ein letztes nicht weiter zerlegbares, festes undurchdringliches Theilchen, ein **Atom** oder **Molekel**, welches noch endliche Ausdehnung haben muss, wenn auch im Verhältniss zur Fähigkeit unserer Sinnesempfindung eine unbegränzt geringe.

Da der Begriff eines **Atoms** nur durch die Speculation zu gewinnen ist, so kann man diesen kleinsten Körpertheilchen willkührlich Eigenschaften beilegen, um aus solchen Annahmen verschiedene erfahrungsmässige Erscheinungen zu erklären. So kann man z. B. die Atome verschiedener Körper von gleicher

Beschaffenheit aber von ungleicher geometrischer Form, oder von ungleicher absoluter Grösse, oder von gleicher Grösse aber ungleicher Dichtigkeit annehmen. Oder man gestattet, um die Erscheinung verschiedener materieller Beschaffenheit zu erklären, entweder die Annahme ursprünglich verschiedener Materien (Grundstoffe, Elemente) oder denkt sich die verschiedenartig beschaffene Materie durch die abweichende Gruppirung der materiellen Atome bedingt. Endlich kann auch Beides gedacht werden: ungleiche Qualität der Atome von Grundstoffen und Gruppirung solcher verschiedenen Atome in den kleinsten Theilen eines zusammengesetzten Körpers.

An einem solchen aus verschiedenartigen Atomen zusammengesetzten Körper, den die Chemie in seine Bestandtheile zu zerlegen lehrt, würde man dann zwei Arten der Theilbarkeit, eine mechanische und eine chemische, zu unterscheiden haben. Die mechanische Theilung würde ihre Gränze bei der einzelnen Gruppe der verschiedenartigen in ihr vereinten Elementaratome finden, die chemische Theilung diese Gruppe selbst zerlegen. Eine Wassermenge, mechanisch in immer kleinere Tröpfchen zerspalten, wird, so weit unsere Erfahrung reicht, in ihren Eigenschaften nicht geändert. Das kleinste Wassertheilchen würde also immer noch aus den verschiedenen Theilen des Wassers, dem Sauerstoff und Wasserstoff, bestehen, ein aus Atomen dieser beiden Materien zusammengesetzter Körper, ein Wassermolekel sein. Die chemische Theilung zerlegte dagegen die Atomgruppen des Wassers in die einzelnen Elementaratome des Sauerstoffs und Wasserstoffs.

Auf derartige sehr von einander abweichende Vorstellungen von der Form, Grösse, Qualität und Gruppirung der hypothetischen Atome sind je nach dem Standpunkte der Erfahrung die Erklärungen bekannter Naturerscheinungen begründet worden, wie dies weiter unten (§. 232 f.) näher ausgeführt ist.

Nach der dynamischen Ansicht ist die Materie ins Unendliche theilbar, weil die den Raum stetig erfüllende Materie überall mit dem Raume zusammenfällt, also wo Raum ist, auch Materie sein muss. Der mechanischen Ansicht gemäss wird von einigen Physikern der Materie die allgemeine Eigenschaft der Theilbarkeit ins Unbegränzte abgesprochen, weil der Begriff auf die Atome nicht mehr anwendbar ist, also eine Gränze der Theilbarkeit *gedacht* werden muss, wenn sie auch nicht *nachweisbar* ist*. Andere Physiker rechnen dagegen die Theilbarkeit zu der allgemeinen Eigenschaft der Materie, weil sie, so weit die *Erfahrung* reicht, an allen Körpern beobachtet wird, und der Frage, ob die Theilbarkeit bis ins Unendliche möglich sei oder nicht, jede Anwendbarkeit abgehe**.

Wenn nun auch die Bemühungen, eine Gränze für die Theilbarkeit zu finden, nur den Erfolg hatten, zu beweisen, dass wir zu einer solchen Gränze durch die Erfahrung nie gelangen können, so sind doch die hierüber angestellten Versuche deshalb von grossem Interesse, weil sie uns einerseits die ungemein weit gehende Theilbarkeit der Materie kennen lehren, andererseits den Begriff der hypothetischen kleinsten materiellen Theile, der Atome, dahin feststellen, dass derselbe jenseits der Erfahrung liegt und wir daher, wenn eine solche Annahme sich nützlich erweist, berechtigt sind, in der Vorstellung auf so kleine Theile zurückzugehen, dass dieselben kein Gegenstand der Experimentalprüfung werden können, ihre Existenz nicht aus der Erfahrung geläugnet werden darf. Einige Beispiele solcher Untersuchungen sind folgende.

Ueber die mechanische Theilung, welche eine sehr feine regelmässige Zerlegung hervor-

* Vergl. darüber Muncke Art. Materie in Gehl. n. ph. W., VI, S. 1430 Anm.
** Biot Experimentalphysik, übers. von Fechner, I, S. 19.

zubringen vermag, ist bereits oben (§. 178) gesprochen. NOBERT's feinste Gitter haben 10000 Parallellinien innerhalb einer pariser Linie. Die mechanische Theilbarkeit geht aber offenbar hier viel weiter als auf $\frac{1}{10000}$, denn auf jeder einzelnen Gitterlinie muss der in das Glas einschneidende Diamant feine Glasstäubchen bilden, durch welche die Linien erst sichtbar werden, und zwischen zwei Linien muss eine unverletzte Glasfläche bleiben, auf welcher abermals Linien gezogen werden könnten. Solche Linien in Form eines quadratischen Netzgitters gezogen würden nun schon auf einer Quadratlinie 100 Millionen Kreuzungspunkte und eben so viele unverletzte quadratische Glasflächen zeigen, wodurch fast die Feinheit der Zertheilung des Glases wie bei den streckbarsten Metallen erreicht wird. Dies ist nicht ganz so der Fall, wenn man Glas auf andere Weise, durch Ausspinnen in Fäden oder Ausblasen in dünne Blättchen, in immer feinere Formen bringt, obwohl auch hier eine merkwürdige Theilbarkeit der Glasmasse erkennbar wird. Nach MUNCKE spann ein Glasbläser HERRMANN Fäden aus Glas, welche unter dem Mikroskope nicht dicker waren als die zu den Fadenkreuzen verwendeten Spinnfäden der Kreuzspinne. Nach DEUCHAR sollen dergleichen Fäden, wenn sie aus Glasröhren gezogen werden, selbst Röhren sein. Die mechanische Theilbarkeit vieler Metalle wird zu technischen Zwecken so häufig benutzt, beim Drahtziehen, Blechschlagen, Vergolden u. s. w., dass hierüber zahlreiche Beobachtungen und Berechnungen vorliegen *. HALLEY berechnet die Dicke der Goldschicht auf einem vergoldeten Silberdrahte zu $\frac{1}{134500}$ engl. Zoll; NICHOLSON bestimmte die Dicke von Blattgold auf $\frac{1}{282000}$ Zoll. Die Dicke des Goldüberzuges auf den vergoldeten Silberstreifen, welche zu Lyoner Tressen verarbeitet werden, giebt RÉAUMUR auf $\frac{1}{500000}$ par. Linien an. Nach einer von Th. YOUNG mitgetheilten Berechnung würde eine Kugel von der Dicke des Goldüberzuges auf den am stärksten gestreckten vergoldeten Silberdrähten entnommen $= \frac{1}{2 \text{ Billionen}}$ eines Cubikzolles sein.

Auch das Platin lässt sich, ohne seinen Zusammenhang zu verlieren, bis zu ausserordentlicher Feinheit ausziehen, wie WOLLASTON zeigte, indem er einen Silbercylinder, in dessen Axe ein Platindraht eingelassen war, zu Draht ausrecken liess und den Silberüberzug mit Salpetersäure auflöste, wobei dann der im Kerne enthaltene, bis auf $\frac{1}{5000}$ Zoll und selbst bis $\frac{1}{30000}$ Zoll Dicke ausgestreckte Platindraht zurückblieb. In ähnlicher Weise zeigen Silber, Kupfer, Zinn, Blei grosse Dehnbarkeit.

In wie zahlreichen Punkten des Raumes eine kleine Menge einer Substanz ihre Wirkung ausüben kann, also in wie viele Theile sie zerlegbar ist, zeigen die Farbstoffe und die chemischen Reagentien, deren Anwendung ja vorzüglich darauf beruht, dass sie äusserst kleine Mengen einer Substanz durch die von einer anderen hinzugefügten hervorgebrachte Färbung der Lösung erkennen lassen. Nach ACHARD's Berechnung findet beim Carmin, von welchem 2 Gran noch 20 Pfund Wasser merklich roth färben, eine Zertheilung in 154 Millionen sichtbare Theile statt. Nach MUSSCHENBROEK zerlegt sich Kupferammoniak, indem 1 Gran 392 Cubikzoll Wasser bläut, in 393 Millionen Theile. PARROT berechnet, dass die Partikelchen von Indigopigment, von dessen Lösung ein Tropfen 500 Cubikzoll Wasser färbt, nicht grösser als $\frac{1}{500 \text{ Billionen}}$ Cubikzoll sein könnten. KIRCHHOFF und BUNSEN, um eine neuere Berechnung anzuführen, zeigen, dass durch die Spectralanalyse die gelbe Färbung einer Flamme durch $\frac{1}{3 \text{ Millionen}}$ Milligramm eines Natronsalzes entsteht. Da nun die gelbe Farbe in vielen Punkten der Flamme sichtbar ist, so wird auch hier bewiesen, dass die färbende Substanz des

* Schon die Alten verfertigten Blattgold und kannten die Feuervergoldung mit Quecksilber. S. PLINIUS Hist. Nat. Lib. XXXIII, No. 20.

Natriums in viele Millionen Theile zerlegt ist. Auf eine merkwürdige mechanische Wirkung bei der feinen Zertheilung einer Substanz in einer Lösung macht F. Schulze aufmerksam. Es werden nämlich feste Substanzen von feinster Vertheilung (wie z. B. Thonerde), welche in reinem Wasser Tage, Wochen, ja Monate lang suspendirt bleiben, durch den Zusatz einiger Tropfen Hausenblasenlösung, die höchstens $\frac{1}{25000}$ fester Leimsubstanz enthält, zauberhaft schnell zu flockigen Aggregaten vereinigt und zu Boden gefällt.

Obschon bereits die angeführten Zahlen eine so geringe Grösse der Körpertheile ergeben, dass wir keine deutliche Vorstellung damit verbinden können, so führt doch die Betrachtung der Wirkungen flüchtiger riechender Körper auf noch weit geringere Grössen, sobald man die, wie es scheint, nothwendige Annahme macht, dass an einem Orte, wo wir eine Substanz riechen, auch Theilchen des riechenden Körpers sich befinden müssen. R. Boyle hat z. B. den Gewichtsverlust vieler stark riechenden Substanzen untersucht und denselben sehr gering gefunden, trotzdem diese Körper grosse Räume ununterbrochen mit ihrem Geruche erfüllten. Eine Unze Muskatnüsse verloren in 6 Tagen in freier Luft liegend $5\frac{1}{2}$ Gran, Gewürznägel $7\frac{1}{2}$ Gran, *asa foetida* nur $\frac{1}{8}$ Gran u. s. w. Keil berechnet hieraus, dass ein Partikelchen *asa foetida* höchstens $\frac{38}{100 \text{ Billionen}}$ einer Cubiklinie sein könne. Ueber ähnliche Beobachtungen und Berechnungen finden sich unten Literaturnachweise.

Endlich zeigt ebensowohl wie die unorganische Natur auch die organische eine unserer Vorstellung entschwindende Feinheit der Gliederung, also Theilbarkeit der Materie, indem die fortschreitende Verbesserung der Mikroskope auch noch an den kleinsten Organen mikroskopischer Thiere Structur und Functionen derselben erkennen lehrt, welche wiederum auf das Zusammenwirken noch kleinerer Theile des Organismus hindeuten. Schon Leuwenhoek *, 1675 der Entdecker der Aufguss- oder Infusionsthierchen, machte auf die wunderbare Feinheit dieser Organismen aufmerksam und meinte, dass einige dieser Thierchen tausendmillionen Male kleiner als ein Sandkorn seien. Die umfassenden Untersuchungen Ehrenberg's ** haben eine ungemein grosse Zahl solcher zum Theil sehr hoch organisirter Thiere kennen gelehrt und nachgewiesen, dass die Leuwenhoek'sche Grössenbestimmung übertrieben ist. Zudem weisen Ehrenberg's Beobachtungen auf noch viel weiter gehende Theilung des organischen Stoffes, weil eben das einzelne Thier eine mannigfaltige Organausbildung zeigt.

§. 226.

d. Unveränderlichkeit, Bewegbarkeit und Bewegung, Trägheit und Beharrungsvermögen der Materie.

Ausser den im Vorigen beschriebenen passiven Eigenschaften der Materie würden etwa noch die in der Ueberschrift genannten zu erwähnen sein, welche theils aus den früheren folgen, theils aus unmittelbaren Schlüssen der täglichen Erfahrung hervorgehen. So enthält schon der für die letzten Körpertheilchen, Atome, festgestellte Begriff der Undurchdringlichkeit die Vorstellung des Unveränderlichen der Atommaterie. Denn dieselben behaupten, was die Undurchdringlichkeit aussagt, ihren Raum gegen jede Kraft und können daher wohl ihre Lage ändern, aber müssen in jeder Lage ihre frühere räumliche Ausdehnung behalten. Die Erfahrung, welche wir an allen Körpern machen können, die sich chemisch zerlegen und zusammensetzen lassen, unterstützt diese Vorstellung. Die aus der chemischen Zerlegung eines Körpers entstandenen Theile

* S. Muschenbroek *intr.* §. 72, No. 6.

** Ehrenberg, die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen .... 1838. („Nimmt man einen Wassertropfen zu einer Cubiklinie Inhalt an, so berechnet man leicht und ohne alle Uebertreibung, dass ein solcher mit Hunderttausenden bis zu Tausend Millionen Thierchen bevölkert ist.")

geben bei ihrer Wiedervereinigung genau den ursprünglichen Körper in der Beschaffenheit und Menge seiner Theile. Ein Körper kann hintereinander mit einer beliebigen Reihe anderer in Verbindung treten, um mit ihnen neue Körper zu bilden, die Beschaffenheit und Menge seiner Theile ergiebt sich beim Ausscheiden aus der letzten Verbindung genau als dieselbe, wie beim Eintritt in die erste Verbindung. Derselbe Sauerstoff z. B. könnte erst mit Wasserstoff zu Wasser vereinigt, dann wieder geschieden und zur Oxydation eines Metalles, darauf zur Bildung einer Säure u. s. w. verwendet werden, er bliebe nach jeder Operation der gleiche Körper, der in gleicher Menge und Qualität wieder zu gewinnen wäre. Hieraus schliessen wir, dass die materiellen Atome etwas Unveränderliches sind, weder vermehrt noch vermindert, ebenso wenig in anders geartete Materie verwandelt werden können. Die Gesammtheit der Materie ist ein unveränderlich Gegebenes, die tastbaren Körper können durch viele Ursachen die Gruppirung ihrer Theilchen ändern, sie können zerfällt und ihre Theile zu Neugestaltungen vereinigt werden, aber die Summe aller Atome im Universum ist stets dieselbe.

Ein reiner Erfahrungsbegriff ist es, dass die Bewegbarkeit und Bewegung der Materie allgemein zukommt. Dass die tastbaren Körper aus ihrem Orte im Raume nach einem anderen zu bewegen sind, sowohl die Körper im Ganzen als die Theilchen eines Körpers innerhalb desselben, z. B. beim Zusammenpressen, lehrt die Sinneswahrnehmung. Wir erkennen die grossen Weltkörper als in unaufhörlicher Bewegung begriffen, und erfahren ebenso die heftige Bewegung seiner Theilchen bei dem im Tone erzitternden Körper. Verglichen mit der Ortsveränderung der Weltkörper ist diese Theilchenbewegung eine verschwindend kleine. Es mag daher noch viel kleinere Bewegungen geben, für deren unmittelbare Erkennung unsere Sinneswahrnehmung nicht mehr ausreicht, und die Analogie gestattet diesen Schluss, ebenso wie die Folgerung kleinster, sinnlich nicht mehr erkennbarer Atome, sobald durch solche Annahme die Erscheinungen eine Erklärung finden. Dies ist nun für die Erscheinungen des Lichtes und der Wärme der Fall, welche sich aus der Annahme äusserst kleiner Bewegungen der materiellen Theilchen construiren lassen. So gelangen wir schliesslich zu dem Resultate, dass die Materie stets in Bewegung ist, dass Bewegbarkeit und Bewegung allgemeine Eigenschaften der Materie sind. Der hiergegen gemachte Einwand, dass wir doch Körper im Ganzen ruhend wahrnehmen und auch die genauere Betrachtung der Theilchenbewegungen auf Fälle führe, in denen Theilchen, wenn auch nur vorübergehend, in Ruhe sein können (Interferenzen), beseitigt sich dadurch, dass die Ruhe nur als ein Gränzfall aufgefasst wird, in dem zwei gleich starke, aber entgegengerichtete Bewegungen einander aufheben.

Wird die Materie als das Bewegte erkannt, so fragen wir nach dem Grunde der Bewegung. Diesen aber setzt die mechanische Naturauffassung nicht in die Materie, sondern in eine von der Materie unabhängig gedachte, aber stets mit ihr verbundene Kraft. Wo die Kraft nicht wirkt, ist kein Grund für die Materie, in Bewegung zu kommen; wo eine Kraft die schon in Bewegung begriffene Materie nicht in Richtung und Grösse ändert, ist die Materie nicht im Stande, aus sich selbst heraus die Bewegung zu ändern. Die Materie ver-

hält sich passiv, und diese passive Eigenschaft der Materie nennt man die **Trägheit** oder das **Beharrungsvermögen** derselben. Die unbewiesene und unbeweisbare Annahme, welche auf diese Eigenschaft der Materie hinleitet, ist also, dass die Kraft etwas von der Materie Unabhängiges sei. Von dieser vorausgesetzten Beziehung zwischen Materie und Kraft wird weiter unten noch die Rede sein.

§. 227.

e. Aggregatform.

Der Zusammenhang der Theilchen aller tastbaren Körper erscheint unserer Wahrnehmung in drei verschiedenen Formen, welche man die Aggregat-formen oder -zustände der Materie nennt: dem festen, flüssigen und luftförmigen Aggregatzustand. Da wir viele Körper ohne Aenderung ihrer qualitativen Beschaffenheit in allen drei Formen kennen, z. B. das Wasser als Eis, flüssiges Wasser und Wasserdampf; da wir ferner nach der atomistischen Ansicht annehmen, dass ihre Atome (bei chemisch einfachen Körpern) oder Atomgruppirungen (bei zusammengesetzten Körpern, z. B. beim Wasser, die Gruppirung des Sauerstoffs und Wasserstoffs, welche das Wasseratom bildet) unveränderlich sind; da endlich der Uebergang eines Körpers aus einer Aggregatform in eine andere stets mit einer plötzlichen Aenderung des Volumens des Körpers verbunden ist, so werden diese Aggregatformen auf die verschiedene Entfernung und Lage der Atome zurückzuführen sein. Weshalb mit der Aenderung in den Atomentfernungen diejenigen Aenderungen der äusseren Beschaffenheit herbeigeführt werden, welche die charakteristischen Merkmale der drei Aggregatformen bilden, wird erst weiter unten genauer festzustellen sein, wenn die auf die materiellen Theile einwirkenden Kräfte besprochen werden. Die Merkmale aber der Aggregatformen, in deren mindestens einer, jeder Körper erscheint, lassen sich in der Kürze etwa so angeben.

In der **festen** Aggregatform haben die Körpertheile einen merkbaren, meist sehr starken Zusammenhang nach allen Dimensionen des Raumes, so dass sich sowohl das **Volumen** durch Zusammenpressen oder Ausstrecken oder Aenderung der Wärme nur wenig ändert, als auch die **Gestaltung** oder Begränzung des Körpers eine von ihrer Umgebung unabhängige ist. Eine Metallmasse z. B. kann zwar durch Anwendung bedeutenden Druckes in dünnes Blech ausgewalzt werden, der cubische Inhalt des Bleches ist aber nur wenig verschieden (kleiner) als der des massiven Metalles; jedesmal aber, wenn das Metall in eine neue Gestalt gebracht werden soll, ist die Anwendung einer bedeutenden Kraft erforderlich. Dies Verhalten der festen Körper wird im Allgemeinen erklärlich, wenn man annimmt, dass zwischen den Atomen Kräfte thätig sind, welche dieselben nach **allen Richtungen** in bestimmten Entfernungen halten und ebensowohl einer Vergrösserung als Verkleinerung der Entfernungen Widerstand leisten.

In der **flüssigen** Aggregatform widerstehen die Theilchen ebenfalls mit grosser Kraft einer Volumenveränderung, aber sie lassen sich mit Leichtigkeit gegen einander verschieben. Daher kommt den Flüssigkeiten auch keine feste

Gestalt zu, sondern ihre Theilchen verschieben sich, der geringsten Kraft nachgebend, so lange, bis die Verschiebung durch eine nicht nachgebende feste Materie gehemmt wird. Die Gestalt des flüssigen Körpers ist also von der des denselben einschliessenden festen Körpers abhängig. Wasser z. B. kann nur mit Anwendung grosser Kraft auf ein um Weniges kleineres Volumen zusammengedrückt werden, es ist aber unter Beibehaltung seines Volumens in jede beliebige Form zu bringen, so wie es in feste Gefässe von dieser Form gegossen wird. Unter einander haben die Flüssigkeitstheilchen noch einen, wenn auch geringen Zusammenhalt, welcher zugleich mit der Eigenschaft der Leichtverschiebbarkeit der Theilchen bewirkt, dass die Flüssigkeiten Tropfen bilden. Dies Merkmal unterscheidet die flüssigen Körper scharf von fein vertheilten festen Partikelchen, wie z. B. feinem Quarzpulver, welches auch aus gegen einander leicht verschiebbaren und der Gefässform sich anschliessenden Theilchen besteht, aber keine Tropfenbildung zeigt. Das Verhalten der Flüssigkeiten erklärt sich aus der Annahme, dass zwischen je zwei Atomen Kräfte wirken, welche zwar einer grösseren Annäherung derselben Widerstand leisten, aber in dieser Entfernung den Atomen kein Hinderniss entgegensetzen, sich frei um einander zu bewegen.

In der luftförmigen Aggregatform endlich werden die Theilchen nur durch einen äusseren Druck oder den Widerstand, den eine nicht nachgebende Materie ausübt, auf einem bestimmten Volumen erhalten und sind dieselben nach allen Richtungen des Raumes mit der geringsten Kraft gegen einander verschiebbar. Den luftförmigen Körpern (Luftarten, Gasen, Dämpfen) kommt also weder ein bestimmtes Volumen, noch eine bestimmte Gestalt zu. Atmosphärische Luft z. B. kann, indem man dieselbe von allen Seiten zusammenpresst, auf immer kleinere Räume zurückgebracht werden, bei nachlassendem Drucke aber erfüllt sie ebenso den sich vergrössernden Raum; ferner ist die Begränzung der Luft in geschlossenen Gefässen ganz abhängig von der Form der Gefässe. Dies Verhalten der Luftarten wird durch Kräfte erklärt, welche die Theilchen von einander zu entfernen suchen.

Die Ueberführung eines Körpers aus einer Aggregatform in die andere erfolgt vorzugsweise durch die Wärme, wobei als Regel gilt, dass der Wärmegrad um ein Bestimmtes gesteigert werden muss, wenn der feste Körper flüssig, und abermals um ein Bestimmtes, wenn der flüssige Körper luftförmig werden soll. Zum Beispiel muss Eis bis auf 0° erwärmt sein, um zu flüssigem Wasser zu werden, und dieses 100° C. warm werden, um beim Sieden in die Luftform (Dampf) überzugehen. Den Steigerungen der Wärme entsprechend, heisst der feste Aggregatzustand der niedrigste, der flüssige und luftförmige der höhere und höchste. Während des Ueberganges einer Aggregatform in die andere erwärmt sich der Körper nicht weiter, sondern dient die Wärme nur zu dieser Aggregatveränderung. Die Wärme erscheint also in diesen Wirkungen als diejenige Kraft, welche die Atome der Körper von einander zu entfernen strebt. Gewöhnlich ist auch mit der Aenderung der Aggregatform eine solche Volumenveränderung verbunden, dass der feste Körper beim Flüssigwerden sich plötzlich stärker ausdehnt, und ebenso die Flüssigkeit, indem sie luftförmig wird. Doch giebt es auch einige Ausnahmen, indem manche Körper, wie z. B. Eis, Eisen u. a., beim Flüssigwerden einen kleineren Raum einnehmen.

Ausser durch Wärmeveränderung kann auch durch mechanischen Druck die Aggregatform vieler Luftarten in die flüssige übergeführt werden. Dies ist der Fall bei allen Luftarten, die

wir durch höhere Wärmegrade aus Flüssigkeiten zu bilden vermögen (Dämpfe), und bei sehr vielen anderen Luftarten, die wir für gewöhnlich in dieser Form kennen, z. B. Kohlensäure, Chlorgas, schweflige Säure u. s. w. (die s. g. unbeständigen Gase).

Bei der Vereinigung verschiedener Körper zu einem neuen (durch Auflösung oder chemische Verbindung) ist sehr gewöhnlich die Aenderung der Aggregatform des einen oder sogar beider Körper eintretend, zuweilen bleibt auch die Aggregatform dieselbe, indessen zeigt dann der neue Körper doch meist eine Aenderung seines Volumens. Hierbei lassen sich folgende verschiedene Fälle unterscheiden: A. Ein fester Körper entsteht: 1. aus zwei Luftarten (Ammoniakgas und salzsaures Gas bilden Salmiak), 2. aus einer Luftart und einer Flüssigkeit (Quecksilberoxyd aus Sauerstoff und Quecksilber), 3. aus einer Luftart und einem festen Körper (z. B. die Sauerstoffverbindungen der Metalle), 4. aus zwei Flüssigkeiten (Bromquecksilber), 5. aus einer Flüssigkeit und einem festen Körper (viele s. g. Hydrate, z. B. Gyps), 6. aus zwei festen Körpern (die Metalllegirungen). B. Eine Flüssigkeit entsteht: 1. aus zwei Luftarten (z. B. Wasser), 2. aus einer Luftart und einer Flüssigkeit (Absorption von Gasen durch Wasser), 3. aus einer Luftart und einem festen Körper (Bildung flüssiger Chlormetalle), 4. aus zwei Flüssigkeiten (Mischung vieler Flüssigkeiten), 5. aus einer Flüssigkeit und einem festen Körper (Auflösung von Salzen), 6. aus zwei festen Körpern (z. B. Schwefelkohlenstoff). C. Eine Luftart entsteht: 1. aus zwei Luftarten (Mischungen und Verbindungen, wie z. B. Chlor und Wasserstoff), 2. aus einer Luftart und einer Flüssigkeit (Brom und Wasserstoff), 3. aus einer Luftart und einem festen Körper (Kohle und Sauerstoff). Man kennt aber kein Gas, welches aus den Verbindungen der niederen Aggregatform entsteht, also aus zwei Flüssigkeiten, oder einer Flüssigkeit und einem festen Körper, oder aus zwei festen Körpern.

Die drei Aggregatformen sind nicht bei allen Substanzen bekannt. Einige kennen wir nur in einer Form, z. B. diejenigen Luftarten, welche weder durch Entziehung der Wärme, noch durch Zusammendrückung bisher in Flüssigkeitsform gebracht werden konnten oder die s. g. beständigen (permanenten) Gase: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Stickstoffoxyd und Kohlenoxyd.

Zahlreicher sind die in zwei Aggregatzuständen bekannten Substanzen, indem es jetzt wohl fast mit allen festen Körpern gelungen ist, dieselben durch Anwendung gesteigerter Wärme flüssig zu machen, und indem ebenso viele, früher nur als Luftarten bekannte Substanzen durch Verminderung der Wärme oder Compression flüssig gemacht sind.

Alle drei Aggregatformen kennen wir bei sehr vielen Substanzen, namentlich bei fast allen gewöhnlich flüssigen Körpern, aber auch bei anderen, die gewöhnlich fest oder luftförmig sind, indem erstere durch Hitze erst geschmolzen und dann in Luftform gebracht werden (z. B. Schwefel), letztere sich erst zu Flüssigkeiten verdichten und dann durch Wärmeentziehung fest machen lassen (z. B. Kohlensäure).

Bei einer grossen Zahl von Substanzen ist die regelmässige Folge der Aggregatformen bei Steigerung der Wärme nicht zu erkennen, weil dieselben durch die Erhöhung der Wärme ihre Beschaffenheit ändern, z. B. viele organische Körper bei höheren Temperaturen zersetzt werden.

In der Regel ist der Uebergang aus einem Aggregatzustande in den anderen ein sehr plötzlicher, bestimmt die beiden verschiedenen Formen von einander trennender. Es giebt aber auch Substanzen, bei denen ein sehr allmähliger Uebergang von der starren Gestaltung der festen Materie zu der leicht verschiebbaren Anordnung der Flüssigkeit stattfindet. Dies bemerkt man namentlich häufig an structurlosen Körpern, wie z. B. dem Glase und den Harzen, wo dem völligen Flüssigwerden ein Zustand der Erweichung und Zähflüssigkeit vorangeht.

Ob für einige Substanzen eine ähnliche Zwischenform zwischen dem flüssigen und luftförmigen Aggregatzustande bestehen möge, ist nicht ausgemacht. Vielleicht können hierher zwei am Wasser beobachtete Erscheinungen gehören. Nämlich erstens die beobachtete Ausscheidung von Bläschen statt der Wassertropfen bei dem durch Abkühlung erfolgenden Uebergange des Dampfes in die flüssige Form. Zweitens die unter gewissen Umständen verzögerte Bildung des Dampfes beim Erwärmen des Wassers.

Bei allen Aggregatveränderungen spielt die Wärme eine hervorragende Rolle, indem jene entweder durch diese veranlasst werden oder doch nie ohne eine gleichzeitige Aenderung des

Wärmezustandes eintreten können. Es wird daher in der Wärmelehre ausführlicher von den Aggregatformen die Rede sein und auch dort erst die Entwickelung der theoretischen Ansichten über die Beziehung der inneren Beschaffenheit der Materie und der Wärme gegeben werden können.

§. 228. Von den aktiven Eigenschaften der Materie.

Schon oben wurde bemerkt, dass bei der in der mechanischen Naturauffassung vollzogenen Trennung der Begriffe von Materie und Kraft eigentlich nicht von aktiven Eigenschaften der Materie die Rede sein könne, da die Aktivität der den Kräften zukommende Antheil sei. Da indessen aus der Erfahrung hervorgeht, dass die Kräfte stets mit der Materie zusammen vorkommen, so wird man die immer an der Materie haftenden Kräfte als allgemeine Eigenschaften derselben bezeichnen dürfen, wobei die Frage, als für die Erfahrungswissenschaft bedeutungslos, ganz unentschieden bleibt, ob überhaupt Kräfte losgelöst von der Materie bestehen können.

Die Ansichten über die verschiedenartig wirkenden Kräfte, welche stets mit der Materie verbunden sein sollen, gehen erheblich auseinander. Nach Einigen giebt es nur *eine* solche Kraft, welche sich darin äussert, dass die materiellen Theilchen einander zu nähern suchen, dass also jedes gegen das andere so wirkt, als zöge es dasselbe gegen sich heran. Die allgemeine Eigenschaft der Materie, wodurch dieselbe nach Aussen hin thätig wird, bezeichnet man als *allgemeine Anziehungskraft*, allgemeine Attraction, Gravitation. Diese allgemeine Anziehung soll dieselbe sein in den Wirkungen der Himmelskörper auf einander (Massenanziehung, Gravitation) wie in der Anziehung der Erde gegen irdische Körper (Schwerkraft), in der Anziehung zweier einander bis zur Berührung genäherter Körper (Adhäsion) und endlich in der Anziehung der kleinsten Körpertheile auf einander (Cohäsion und chemische Affinität).

Nach Anderen muss neben der Anziehungskraft noch eine *Abstossungs-* oder *Repulsionskraft* der Materie bestehen, indem sonst, wie man schliesst, durch die Anziehung alle Materie sich in einer einzigen absolut dichten Masse vereinigen müsste. Um dies zu verhindern und die erfahrungsmässig eintretenden Verschiedenheiten bald einer Ausdehnung, bald einer Verdichtung der Materie zu erklären, sollte die Abstossungskraft der Anziehungskraft entgegen wirken und aus der wechselnden Grösse beider der stärkere oder schwächere Zusammenhang der Theilchen und die Aggregatformen hervorgehen (Kant's Ziehkraft und Dehnkraft). Die Repulsivkraft wird hiernach als eine der Materie ebenso wie die Attractionskraft zukommende allgemeine Eigenschaft angesehen, während nach der Ansicht Anderer die Wärme diejenige Kraft ist, welche die Abstossung hervorruft. Indem die Bewegungserscheinungen der Himmelskörper und die Schwerewirkungen der Erde sehr vollständig aus der Annahme der Anziehungskraft *allein* erklärt werden*, dagegen die Erklärung der Adhäsions-,

* Eine Ausnahme glaubte man in den an den Kometen beobachteten Erscheinungen zu finden, bei denen in der Sonnennähe eine repulsive Kraft wirksam zu werden schien, wie zuerst Newton ausgesprochen hat: vergl. Brandes, Vermuthungen über die Entstehung der Schweife und über die Ausbildung der Kometen überhaupt. Gehl. n. ph. W., V, S. 939*. Nach den schönen Arbeiten Schiaparelli's lösen sich diese Räthsel sehr einfach und nur durch Annahme der allgemeinen Gravitation.

Cohäsions- und Affinitätswirkungen bei dieser einfachsten Annahme grosse Schwierigkeiten darbietet, so wird jetzt von den meisten Physikern die allgemeine Massenanziehung, die sich in grossen Entfernungen geltend macht, von den Kräften unterschieden, die erst bei sehr grosser Nähe der Körpertheile wirksam werden (Molekularkräfte) und die Anziehung und Abstossung der Körpertheilchen hervorbringen.

Bei der Annahme dieser Molekular-Anziehung und Abstossung bleibt erstens noch unentschieden, ob die Molekular-Anziehungskraft dieselben Gesetze befolgt wie die allgemeine Massenanziehung (Gravitation) oder ób eine hiervon verschiedene Kraft, die man als Flächenanziehung bezeichnete, für die Cohäsions- und Adhäsions-Erscheinungen angenommen werden müsse. Zweitens gehen die Meinungen darüber auseinander, ob die Annahmen solcher Molekularkräfte genügend seien, um ebensowohl die Adhäsions- und Cohäsions-Erscheinungen als die chemische Anziehung zu erklären. Es sprechen viele Gründe dafür, die chemischen Anziehungskräfte als qualitativ verschieden von den Molekular-Anziehungen und Abstossungen anzunehmen.

Gegen die Hypothese einer allgemeinen Anziehungskraft der Materie hat man den Einwand gemacht, dass aus der durch die Erfahrung festgestellten Thatsache eines Bestrebens der materiellen Theile, einander zu nähern, nicht nothwendig eine Anziehung gefolgert werden könne, da ein Druck auf die Theile von Aussen her gerade denselben Erfolg haben würde. Anstatt also der Materie eine in die Ferne wirkende Kraft beizulegen, welche nicht begreiflich sei, da wir uns nach der Erfahrung keine Bewegung ohne materielle Handhabe denken könnten, sei es richtiger, die Anziehung auf den elastischen Druck einer den ganzen Weltraum erfüllenden ätherischen Materie zurückzuführen. Dieser Einwand trifft indessen die physikalischen Untersuchungen nicht, denn aus denselben wird gar kein Schluss auf den Ursprung der Kraft gezogen, sondern nur das Faktum ausgedrückt, dass die Materie sich so verhält, als ob derselben eine Kraft innewohne, vermöge welcher ihre Theile einander zu nähern suchen. Newton selbst, als er zuerst den Grundsatz der allgemeinen Massenanziehung scharf formulirte, hat es vermieden, die Gravitation als eine der Materie zukommende Kraft zu bezeichnen, sondern scheint im Gegentheil der Ansicht gewesen zu sein, die Ursache der scheinbaren Anziehung sei vielmehr in einer Repulsion zu suchen.*

Gegen die Annahme einer Repulsivkraft der Materie haben sich viele Physiker ausgesprochen aus dem Grunde, weil schon allein durch die Anziehung mehrerer Körper auf einander je nach der Lage und Grösse derselben für die einen ein Entfernen von einander, für die andern eine Annäherung bewirkt werden könne. Allerdings, denkt man erst *A* und *B* einander anziehend und dann *C* hinzutretend, welches in Folge seiner Lage *B* stärker anziehen mag als *A*, so wird *A* von *B* sich mehr entfernen und eine scheinbare Abstossung zwischen *A* und *B* eintreten, deren Grund doch nur in einer Anziehung liegt. Ein direkter Beweis lässt sich weder für die Realität der Anziehung, noch für die der Abstossung führen und die Annahme einer dieser Kräfte würde freilich genügend sein, um zu begreifen, dass ihre Wirkung an verschiedenen Körpern bald als Anziehung, bald als Abstossung erscheint.

Dennoch empfiehlt sich für die physikalischen Untersuchungen die Annahme attraktiver und

* In der Vorrede zur zweiten Ausgabe der *Optics* sagt Newton: *to shew that I do not take gravity for an essential property of bodies, I have added one question concerning its cause, chusing to propose it by way of a question, because I am not yet satisfied about it for want of experiments*, und in der *query* 21 ist dann die Frage aufgeworfen, ob nicht ein *aetheral medium* durch seine Elasticität die grossen Körpermassen gegen einander treibe und somit die Ursache der Gravitation sei.

Gegen die Meinung, dass mit der Gravitation die physische Ursache der Anziehungserscheinungen bezeichnet werden dürfe, erklärt sich auch s'Gravesande (*phys. elem.* I. cap. 5. p. 17: *attractionem vocamus vim quamcunque qua duo corpora ad se invicem tendant .... hoc nomine phaenomenon, non causam designamus.*

repulsiver Kräfte, weil es hierdurch leichter gelingt, die mannigfachen Einwirkungen der Körper auf einander und die hieraus folgenden Bewegungserscheinungen zu versinnlichen. Wendet man ein, dass hiermit Nichts für die Erkenntniss der Grundbedingungen des Seins und Geschehens gewonnen werde, so ist zu antworten, dass es die Aufgabe der Physik ist, die bekannten Erscheinungen in möglichst einfacher Weise zu deuten und die Mittel zu geben, neue Erscheinungen darzustellen. Diesen Werth der physikalischen Hypothesen drückt Th. Young am Schlusse seiner Betrachtungen über die wesentlichen Eigenschaften der Materie sehr bündig so aus: „Kurz alle Betrachtungen über die eigentliche Natur der Kräfte jeder Art müssen als rein speculative Unterhaltungen angesehen werden, welche keinen andern Nutzen haben, als unsre Anschauungen zu verallgemeinern und uns bei experimentellen Forschungen behülflich zu sein.“

§. 229.

f. Allgemeine Anziehung und Schwere.

Unter den vielen Erscheinungen, in denen eine Annäherung von Körpern aneinander wahrgenommen wird, giebt es eine Reihe solcher, die nach allen Erfahrungen eine befriedigende Erklärung durch die Annahme einer mit allen Körpern verbundenen Anziehungskraft finden, welche nach einem von Newton zuerst aufgestellten Gesetze wirkt. Diese Erscheinungen sind die gegenseitigen Einwirkungen der Himmelskörper auf einander und der Fall der Körper gegen die Erde. Das Newton'sche Gesetz der allgemeinen Gravitation, dessen Gültigkeit unbeschadet der verschiedenen Ansichten über die physische Ursache desselben von allen Physikern angenommen ist, lautet:

Die Körper ziehen einander mit einer Kraft an, welche den Massen derselben direct, den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional ist.

Der Beweis dafür, dass dieselbe Kraft, welche die Bewegungen der Himmelskörper regelt, auch den zur Erde fallenden Körper treibt, gehört in die Mechanik und wird daselbst, nebst den aus dem Gravitationsgesetze abzuleitenden Bewegungsformen, abgehandelt werden.

Hier handelt es sich um die Feststellung der allgemeinen Begriffe, welche sich auf das Attraktionsgesetz gründen. Es ist bei der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen zweckmässig, die Kraft der Attraktion für die, verschiedenen Gruppen zugehörigen Phänomene bestimmt zu bezeichnen. So pflegt man Gravitation (auch allgemeine Schwere) die allgemeine Anziehung zu nennen, welche die Himmelskörper gegeneinander ausüben; Schwere dagegen die Anziehung des Erdkörpers gegen seine Theile oder die ihm nahe kommenden Körper. Da man im Sprachgebrauche vielfach, obwohl fälschlich, das von der Erdanziehung (also der Schwere) herrührende Gewicht mit der Schwere der Körper verwechselt, dieses Gewicht aber auf jedem andern Himmelskörper von anderer Masse als der Erde verschieden sein würde, so empfiehlt es sich, das Wort Schwere auf die Erdanziehung zu beschränken.

Die Schwere oder die Thatsache, dass alle Körper von der Erde angezogen werden, erkennen wir darin, dass dieselben entweder wirklich zur Erde fallen, oder dass sie, wenn eine Unterlage sie am Fallen hindert, unablässig mit derselben Stärke gegen diese drücken. Da sich beweisen lässt, dass die Anziehung der Erde gegen jede Materie, gleichgültig welche Beschaffenheit dieselbe

hat, eine völlig gleiche ist, so müssen wir, wenn wir nach unsrer Definition die Schwere eben die Erdanziehung nennen, sagen: „alle materiellen Theile sind gleich schwer“. Die Gesammtwirkung der Erdanziehung gegen sämmtliche materielle Theilchen eines Körpers nennen wir absolutes Gewicht oder seine Masse, und bestimmen die Grösse des Gewichtes u. A. durch den Druck, welchen der Körper auf eine horizontale Unterlage ausübt. Als gewöhnlichstes Instrument hierzu dient die Waage; die Körper sind in Folge der Erdanziehung wägbar.

Das absolute Gewicht wird durch die gewöhnliche Wägung nicht unmittelbar gefunden, indem nach den Gesetzen für den Druck von Flüssigkeiten und Luftarten bei jedem von einer solchen Substanz umgebenen Körper ein Theil des Gewichtes durch den Aufdruck der Flüssigkeit oder Luftart aufgehoben wird. Wäre z. B. das Gewicht eines in Luft gewogenen Körpers = 105 Grammen gefunden und betrüge das Gewicht einer Luftmasse von dem Volumen des Körpers 0,25 Grammen, so würde das absolute, nicht durch den Aufdruck der Luft verminderte (auf den luftleeren Raum reducirte) Gewicht des Körpers 105,25 Grammen gewesen sein. Man nennt das durch einen Gegendruck um einen gewissen Theil verminderte Gewicht das relative Gewicht, in diesem Beispiele ist also 105,25 das absolute, 105 das relative Gewicht.

Specifisches Gewicht heisst die verhältnissmässige Grösse des Gewichtes eines Körpers, verglichen mit einer gleichgrossen Masse eines bestimmten andern Körpers. Gewöhnlich bezieht man das specifische Gewicht auf das Gewichtsverhältniss zu einer gleichgrossen Wassermasse, bei Luftarten wird aber auch häufig die Vergleichung mit dem Gewichte der atmosphärischen Luft gebraucht. Haben z. B. gleiche Volumina Platin, Kupfer, Wasser bezüglich 208, 88 und 10 gleiche Gewichtstheile, so würde mit den Zahlen $\frac{208}{10}$, $\frac{88}{10}$, d. h. 20,8, 8,8 das specifische Gewicht des Platins, resp. Kupfers ausgedrückt werden.

Die Richtung, in welcher die Erdanziehung wirkt, weist auf den Mittelpunkt der Erde hin, indem ein frei fallender, von keiner andern Kraft als der Schwere bewegter Körper senkrecht fällt. Dieselbe Richtung zeigt ein Körper, der durch Aufhängung an einem Faden verhindert ist zu fallen, indem sein Bestreben, der Erdanziehung Folge zu leisten, den Faden vertikal spannt.

1. Der Streit über die Natur der Kraft, welche die Annäherung der Körper bewirkt, ist in früheren Zeiten unter Physikern und Astronomen sehr lebhaft gewesen, ebenso wie die Erörterung der Frage von der Identität der Gravitation mit der Schwere.

Die Anfechtungen, welche das Newton'sche Gravitationsgesetz früher zu erleiden hatte und die auch jetzt noch zuweilen gegen dasselbe unternommen werden, sind zweierlei Art und treffen zur Hälfte das Gesetz, so wie es jetzt allgemein als ein Ausdruck der Thatsachen aufgefasst wird, überhaupt nicht. Entweder nämlich beziehen sie sich auf die speculative Seite der Hypothese, diese aber lässt Newton ebensowohl wie die moderne Physik gänzlich dahingestellt und würde es für die Feststellung der Bewegungserscheinungen ganz gleich sein, ob die Ursache der Gravitation in dem elastischen Drucke oder den Wirbeln einer ätherischen Substanz oder in elektrischen oder magnetischen Kräften (über deren Natur wir freilich auch nichts wissen) gesucht werden soll.

Oder die Angriffe richten sich gegen die Theorie, weil gewisse Erscheinungen durch

dieselbe nicht erklärt werden. Dahin gehört erstens die schon oben erwähnte Bemerkung von dem Auftreten scheinbar repulsiver Wirkungen. Diese aber würden nicht ein Aufgeben des Gravitationsgesetzes fordern, sondern nur eine Erweiterung desselben, wodurch die unter besondern Verhältnissen eintretenden Abstossungen erklärt würden. Zweitens wird gegen das Gesetz geltend gemacht, dass die aus den Störungen in der Bewegung der Himmelskörper berechneten Massen derselben zu verschiedenen Resultaten führten, indem ein und derselbe Körper gegen verschiedene Himmelskörper eine ungleiche Anziehung auszuüben scheine. Wenn dies in der That der Fall sein sollte, so würde der Theil des Newton'schen Gesetzes, wonach die Beschaffenheit der Materie keinen Einfluss auf die Attraktion haben solle, allerdings einer näheren Bestimmung bedürfen. Hierauf hat bereits J. T. Mayer aufmerksam gemacht und die Vermuthung ausgesprochen, dass bei den Himmelskörpern, ähnlich wie die chemische Anziehung sich ungleich bei verschiedenen Körpern zeige, auch eine qualitativ verschiedene Anziehung vorkommen könne. Die schöne Entdeckung Kirchhoff's und Bunsen's, die Spectralanalyse, beweist nun freilich, dass eine grosse Zahl der irdischen Grundstoffe im ganzen Universum vorhanden ist, eine vollständige Gleichheit der materiellen Zusammensetzung aller Himmelskörper kann aber daraus nicht geschlossen werden und so wäre allerdings denkbar, dass eine nicht blos von der Menge der materiellen Theilchen abhängige Grösse der Attraktion bestehen könne, zu deren Bestimmung die Störungsbeobachtungen beitragen würden. Der Hauptsache nach bliebe aber das Newton'sche Gravitationsgesetz dennoch bestehen und erhielte nur durch die schärfere Bestimmung des Begriffes der Masse eine um so allgemeinere Gültigkeit.

2. Das Newton'sche Attraktionsgesetz kann unter näher zu bestimmenden Bedingungen durch die Formel

$$A = C \cdot \frac{M \cdot M'}{D^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

ausgedrückt werden, d. h. die Attraktionskraft ist gleich dem Produkte aus den einander anziehenden Massen zweier Körper M und M', dividirt durch das Quadrat der Entfernung D dieser Massen, multiplicirt mit einem constanten Faktor C, welcher von den Maasseinheiten abhängig ist, in denen M M' und D genommen werden. Dieser Ausdruck gilt zunächst nur für materielle Punkte M und M', weil nur für solche eine bestimmte Entfernung D vorhanden ist. Wie sich nach dem Gesetze die Grösse der Anziehung von beliebig ausgedehnten, gestalteten und beschaffenen Massen bestimmt, muss für jeden besondern Fall untersucht werden.

Die Lösung dieses Problems hat von Newton an, der bereits einige Fälle untersuchte, die Astronomen und, da eine ganz gleiche Aufgabe auch für andere physische Kräfte (z. B. die Elektricität) gegeben ist, die Physiker beschäftigt. Von diesen Untersuchungen wird theils in der Mechanik, theils in andern Abschnitten der Physik ausführlicher die Rede sein. Hier mögen nur die Werthe für einzelne, fast in allen Gebieten der Physik vorkommende Fälle aufgeführt sein, während im Uebrigen auf die Litteratur verwiesen wird.

α. Die Anziehung einer Kugel (von entweder gleicher Dichtigkeit ihrer Materie oder gleicher Dichtigkeit in concentrischen Schichten) zieht ein materielles, ausserhalb der Kugel liegendes Theilchen so an, als ob die Masse der Kugel in ihrem Mittelpunkte vereint sei. Ist also a der Abstand des Theilchens von der Kugeloberfläche und r der Kugelhalbmesser, so ist die Attraktionskraft

$$A = \frac{4/3\, r^3 \pi}{(a + r)^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

β. Aus dieser Gleichung (2) folgt, dass die Anziehung am grössten ist, wenn das Theilchen sich an der Oberfläche der Kugel befindet, also $a = 0$ ist. Jedes Theilchen innerhalb einer Kugel wird von allen übrigen Theilen wie von einer Kugel angezogen, deren Halbmesser gleich der Entfernung des Theilchens vom Mittelpunkte ist. Wäre also diese Entfernung $r' < r$ in dem ersten Falle, so sind die äusseren Schichten von r bis r' ohne Wirkung auf das im Abstande r' befindliche Theilchen. Eine Folgerung hieraus ist, dass die Anziehung einer Hohlkugel auf ein im Innern befindliches Theilchen $= 0$ sein muss.

γ. Da die Anziehungen gegenseitig sind, so werden zwei homogene oder aus homogenen

Schichten bestehende Kugeln sich so anziehen, als ob ihre Massen in den Mittelpunkten vereinigt seien, und ist dann also die Formel (1) gültig, wo D den Abstand der Mittelpunkte bedeutet.

δ. Durch Rotation wird kugelförmigen Massen eine andere Gestalt gegeben. Unter diesen Rotationskörpern sind die Ellipsoide die wichtigsten Formen, deren Attraktionswirkungen von vielen Gelehrten untersucht wurden. Bei geringer Abweichung von der Kugelgestalt wird man die Anziehung als von der im Mittelpunkte vereinigten Masse ausgehend ohne merklichen Fehler annehmen dürfen. Dies ist z. B. bei der Anziehung der Erde der Fall (s. u. sub 3).

3. Der Satz: alle Materie ist gleich schwer, d. h. alle materielle Theilchen werden von der Erde gleich stark angezogen, ist nicht ohne Weiteres einzusehen. Denn wenn auch in dem Erdkörper selbst der Summe seiner Theile eine gleichbleibende Anziehungskraft zugestanden werden muss, so wäre es doch denkbar, dass verschieden beschaffene Materie von der Erde ungleich angezogen würde. Deshalb stellte schon Newton hierüber Versuche an, welche den Beweis lieferten, dass beliebige Substanzen als schwere Massen an einem Pendel angebracht ein ganz gleiches Fallen und Steigen (Pendelschwingungen) desselben hervorbrachten. Die von Bessel wiederholten und mannigfaltig abgeänderten Versuche haben dieses Resultat bestätigt, also den Erfahrungsbeweis geliefert, dass wenigstens alle uns bekannten tastbaren Körper gleiche Schwere haben. Hierauf beruht denn auch die Vorstellung, dass die anziehende Kraft eines Körpers direkt proportional zur Anzahl der in ihm enthaltenen materiellen Theile ist.* Ist nun die Kraft der Erdanziehung auf ein materielles Theilchen A, und enthält der eine Körper x, der andere y solcher Theilchen, so ist die Anziehungskraft, welche die Körper von der Erde erleiden, beziehungsweise $A\,x$ und $A\,y$. Diese Produkte sind es, welche wir die Masse oder das absolute Gewicht eines Körpers nennen. Die Bewegung aber, welche den Körpern von ungleicher Zahl x und y der Massentheilchen durch die gleiche Schwere A mitgetheilt würde, wenn sie wirklich fallen, kann keine verschiedene sein, denn in demselben Maasse als durch Vermehrung der Massentheilchen die Anziehungskraft auf den Gesammtkörper vergrössert wird, müssen auch mehr Theilchen bewegt, also die Bewegungsgrössen vermindert werden und die Bewegung durch die Schwere ergiebt sich daher $= \frac{A\,x}{x} = \frac{A\,y}{y} = A$, d. h. als eine für alle Körper gleiche Grösse.

Von den verschiedenen Einheiten, auf welche die Masse oder das absolute Gewicht der Körper bezogen wird, ist schon oben (Kap. 3, §. 135 ff.) ausführlich die Rede gewesen. Da die Erdanziehung dem allgemeinen Gravitationsgesetze unterliegt, so nimmt die Schwere von der Erdoberfläche aus sowohl nach Aussen als nach Innen ab. Wäre die Erde eine homogene oder aus homogenen concentrischen Schichten gebildete Kugel, so würde die Schwere nach Innen im direkten Verhältniss des Erdhalbmessers abnehmen. Ist also die Schwere auf der Oberfläche G, so ist sie auf dem $n$ten Theile des Erdhalbmessers $r = G\frac{r}{n}$ und im Mittelpunkte = Null. Nach Aussen würde sich die Schwere im Verhältniss

$$G : G\frac{1}{(1+x)^2}$$

ändern. Diese Abnahme der Schwere lässt sich vermittelst der gewöhnlichen Waage nicht prüfen, da die einander im Gleichgewichte haltenden Körper in gleicher Weise leichter werden. Durch die Federwaage wird die Schwereänderung zu ermitteln sein, da die Elasticität der Feder dieselbe bleibt, also durch eine Aenderung der Erdanziehung auf die belastenden Gewichte eine geänderte Wirkung auf die Feder hervorgerufen werden muss. In der That sind mehrfach Versuche gemacht worden, durch dieses Mittel die Aenderung der Schwerkraft zu untersuchen, was indessen durch die Beobachtung der Schwingungszeit eines Pendels in verschiedenen Entfernungen von der Erdoberfläche weit genauer auszuführen ist.

Da die Erde keine Kugel, sondern nahezu ein abgeplattetes Sphäroid ist, so werden die

* Der Zweifel, ob dies für alle Körper im Weltenraume gültig sei, ist bereits vorher erwähnt.

in verschiedenen Breitengraden befindlichen Körper in ungleicher Entfernung von dem anziehenden Mittelpunkte also ungleich schwer sein müssen. Aus mathematischen Betrachtungen ergiebt sich, dass, wenn die Erdanziehung unter dem Aequator = 1 gesetzt wird, sie unter der Breite φ nahezu

$$= 1 + \frac{e^2}{2} \sin^2\varphi$$

ist, wo $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$ ist und a den halben Durchmesser der Erde im Aequator, b die halbe Axe derselben bedeutet. Nach den oben (S. 448) gegebenen genauesten Bestimmungen ist $a = 3272077$ und $b = 3261139$ Toisen, also $e^2 = 0{,}0066692$. — Die Schwere unter dem Aequator = 1 gesetzt, würde sie also unter der Breite φ =

$$1 + 0{,}0033348 \sin^2\varphi$$

sein, und ein Gewicht, welches am Aequator an einer Federwaage = 1 gefunden würde, müsste am Pol das Gewicht 1,0033348 zeigen, also auf 1 Kilogramm reichlich 3 Grammen schwerer sein. Nahezu eine gleiche Aenderung erfährt die Schwere dadurch, dass die Erde nicht ruhend ist, sondern durch ihre Rotation ein Theil der Schwere aufgehoben wird, welches nach den Gesetzen der Schwungkraft mit dem Abstande von der Drehungsaxe wächst. Die mathematische Ableitung beweist, dass die Anziehungskraft, unter dem Aequator = 1 gesetzt, wegen der Schwungkraft in der Breite φ übergeht in

$$1 + p \cdot \sin^2\varphi,$$

wo p die Abplattung der Erde bedeutet. Setzt man den oben (S. 448) angegebenen Werth für $p = \frac{1}{299{,}1528}$ ein, so ist also wegen der Schwungkraft die am Aequator = 1 gesetzte Schwere in der Breite φ =

$$1 + 0{,}0033428 \sin^2\varphi.$$

Setzt man die Aenderungen der Schwere wegen Abweichung der Erde von der Kugelform und wegen der Schwungkraft zusammen, so ist die Schwere in der Breite φ

$$= 1 + \left(\frac{e^2}{2} + p\right) \sin^2\varphi$$

oder mit Einführung der Zahlenwerthe

$$= 1 + 0{,}0066776 \sin^2\varphi$$

wenn sie am Aequator = 1 gesetzt wird.

Die Aenderung der Schwere ist also in der That so erheblich, dass eine empfindliche Federwaage sehr wohl dieselbe erkennen lassen würde: das Gewicht von 1 Kilogramm unter dem Aequator würde am Pol 6,678 Grammen grösser erscheinen.

Durch das Pendel lassen sich, wie schon erwähnt, die Aenderungen der Schwere sehr sicher bestimmen. Die mathematische Betrachtung zeigt nämlich, dass die Zunahme der Schwere vom Aequator nach den Polen der zu beobachtenden Vergrösserung der Längen des Secundenpendels gleich ist und hiernach würde dann die Schwere 1 unter dem Aequator in der Breite φ

$$= 1 + y \sin^2\varphi$$

werden, wo der aus den Pendelbeobachtungen abzuleitende Werth von y dasselbe sein müsste wie oben $\left(\frac{e^2}{2} + p\right)$. Der Werth von y wird aber* = 0,0052977, also weist das Pendel eine etwas kleinere Zunahme der Schwere vom Aequator zu den Polen nach, nämlich im Verhältniss

$$1 : 0{,}0052977 \sin^2\varphi$$

statt vorher

$$1 : 0{,}0066776 \sin^2\varphi.$$

Diese Differenz ist aber sehr erklärlich, wenn man bedenkt, dass bei den theoretischen Ab-

* Unter Annahme der Abplattung von $\frac{1}{299}$ wie vorher.

leitungen aus dem Attraktionsgesetze und der Schwungkraft die Erde als eine aus homogenen concentrischen Schichten bestehende Kugel angenommen werden musste. Da diese Annahme augenscheinlich nicht streng gültig sein kann, so ist der aus den Pendelbeobachtungen abgeleitete Werth als der richtigere anzusehen.

Häufig setzt man bei Berechnungen die Schwerkraft unter dem 45° der Breite = 1, dann ist dieselbe nach dem Zahlenwerthe aus den Pendelbeobachtungen für den Breitengrad φ

$$= 1{,}0026488 - 0{,}0026488 \operatorname{Cos} 2\varphi.$$

Auch für die Bestimmung der Richtung, in welcher die Schwereanziehung der Erde wirkt, sind wegen der Gestalt, der Bewegung und der Vertheilung der anziehenden Masse des Erdkörpers einige genauere Angaben erforderlich. Im gewöhnlichen Sprachgebrauche und allerdings sehr nahe richtig bezeichnen wir die Fallrichtung der Körper oder die Richtung eines durch ein Gewicht gespannten Fadens als Linien, welche gegen die Erdoberfläche senkrecht sind. Bei der Grösse der Erde kann diese Fläche meist als eine Ebene (die Horizontalebene oder der scheinbare Horizont), d. h. die Richtung verschiedener, nicht allzuweit von einander befindlicher Lothe als parallel angesehen werden. Strenger genommen schneiden sich alle Lothlinien der durch Gewichte gespannten Fäden im Mittelpunkte der Erde, wenn wir (was nach la Place gestattet ist) annehmen, dass der Schwerpunkt der Erdmasse mit deren Mittelpunkt zusammenfällt, und wenn wir die Erde als eine Kugel betrachten. Nimmt man endlich auf die vermöge der Rotation herbeigeführte Abweichung der Erde von der Kugelgestalt Rücksicht, so schneiden sich die Lothe auch nicht im Mittelpunkte der Erde, weil sie auf der Oberfläche eines Sphäroides senkrecht stehen. Diese Abweichungen sind indessen so geringfügig, dass sie fast immer vernachlässigt werden dürfen. Z. B. würden zwei Lothe nicht mehr parallel sein, sondern einen Winkel von 1 Sekunde mit einander bilden, wenn sie ungefähr in einem Abstande von 31 Metern aufgehängt wären. Der Unterschied zwischen dem Abstande der Fusspunkte und dem der oberen Punkte zweier solcher den Winkel von einer Sekunde machenden Lothe würde aber bei 100 Meter langen Lothen nur etwas über ein Millimeter ausmachen, also in der That zu vernachlässigen sein. Einen nachweisbaren Unterschied in der Richtung der Lothlinien macht dagegen die ungleiche Massenvertheilung des Erdkörpers. Ist die Masse rings um ein Loth herum ungleich angeordnet, so wird das Loth nach der Seite der grösseren Masse hin abgelenkt werden müssen. Dies ist durch die das Loth ablenkende Wirkung von Gebirgsmassen erkannt worden und hat zu der Lösung des Problems geführt, die Masse des Erdkörpers im Verhältniss zu der eines Gebirges zu bestimmen, d. h. zu einer der Methoden das specifische Gewicht der Erde zu finden (Maskelyne's und Hutton's Versuche, die Dichtigkeit des Erdkörpers zu bestimmen).

4. Das specifische Gewicht der Körper ist eine bei zahlreichen Untersuchungen vorkommende Grösse, welche man für die verschiedenen Körper durch viele Versuche festgestellt hat. Nach dem Satze von der gleichen Schwere der Materie ist das absolute Gewicht G eines Körpers gleich der Zahl der materiellen Theile d, welche in dem Volumen V des Körpers enthalten sind, also

$$G = d \cdot V.$$

Vergleicht man die absoluten Gewichte derselben Volumina verschiedener Körper mit dem absoluten Gewichte W eines ebensolchen Volumen Wasser, und nimmt d für Wasser der Einheit gleich an, so ist:

$$G : W = d : 1$$

oder $d = \frac{G}{W}$, d. h. die Zahl d der materiellen Theilchen eines Körpers, oder das specifische Gewicht desselben ist dem Verhältnisse des Gewichtes gleicher Volumina des Körpers und des Wassers gleich.

Die verschiedenen Methoden zur Bestimmung des specifischen Gewichtes werden also darauf hinausgehen, dass man sich gleiche Volumina eines Körpers und des Wassers * verschafft, deren absolute Gewichte ermittelt und den Quotienten berechnet.

* Beziehungsweise der Luft für luftförmige Körper s. ob.

Da nach dem neufranzösischen Maasssysteme die absoluten Gewichte so bestimmt werden, dass die Gewichtseinheit (das Gramm) gleich dem Gewichte eines Cubikcentimeters Wasser ist, so giebt die Formel

$$d = \frac{G}{W}$$

mit Zahlenwerthen nach diesem Systeme unmittelbar d das absolute Gewicht eines Cubikcentimeters des untersuchten Körpers an und $\frac{G}{d}$ bedeutet den Inhalt des Körpers in Cubikcentimetern ausgedrückt. Die Kenntniss des specifischen Gewichtes lehrt also bei bekanntem Volumen sofort das absolute Gewicht, und bei bekanntem Gewichte das Volumen des Körpers kennen.

Ist also z. B. das absolute Gewicht einer Platinmasse = 208 Grammen gefunden worden, während das gleiche Volumen Wasser 10 Grammen wog, so ist d das specifische Gewicht des Platins $= \frac{208}{10} = 20{,}8$. Die 208 Grammen Platin hätten aber nur das Volumen von 10 Grammen Wasser, d. h. von 10 Cubikcentimetern eingenommen, was wir bei bekanntem specifischem Gewichte aus dem absoluten Gewichte 208 sofort entnommen hätten, da $\frac{208}{20{,}8} = 10$. Ebenso würden wir aus dem bekannten specifischen Gewichte 20,8 sogleich wissen, dass 10 Cubikcentimeter 208 Grammen Gewicht haben müssen.

Das specifische Gewicht jedes Körpers kann aus verschiedenen Ursachen eine Abänderung erfahren, z. B. durch mechanisches Zusammenpressen der Theile in ein kleineres Volumen oder durch Erwärmung oder Abkühlung des Körpers. Man kann also nicht von einem specifischen Gewichte eines Körpers sprechen, wenn man nicht die bestimmten Umstände angiebt, für welche die Vergleichung mit dem Wasser gelten soll, für welches letztere ebenfalls ein bestimmter Zustand bezeichnet werden muss. Die beträchtlichsten Aenderungen erfahren die festen und flüssigen Körper durch die Wärme, die luftförmigen auch noch durch den Druck. Man pflegt daher bei den festen und flüssigen Körpern besonders die Temperatur anzugeben, für welche sie mit dem Wasser von gleichfalls bestimmter Temperatur verglichen sind; bei den luftförmigen Körpern auch noch den Druck, unter welchem sie bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes standen.

Die mannigfaltigen Methoden zur Bestimmung des specifischen Gewichtes und die Gesetze, nach welchen die Abänderungen des specifischen Gewichtes zu berechnen sind, werden erst in den besondern Abschnitten der Physik abgehandelt werden. Hier soll nur eine kurze Aufzählung der wichtigsten Methoden und die Angabe des specifischen Gewichtes für einige der am häufigsten benutzten Körper folgen. Auf ausführlichere Darstellungen weist vorläufig die Literaturübersicht hin.

α. Methoden zur Bestimmung des specifischen Gewichtes.

1. Herstellung regelmässiger Körper, deren Inhalt sich berechnen lässt und durch Vergleichung des absoluten Gewichtes mit dem einer Wassermenge dieses Inhaltes das specifische Gewicht giebt.

Wiegt z. B. ein als Würfel von 5^{cm} Seiten geformter Körper 309 Grammen, so ist das specifische Gewicht des Körpers $= \frac{309}{125} = 2{,}472$, denn ein ebensolcher Würfel von Wasser würde bei 125 Cubikcentimeter Inhalt 125 Grammen wiegen. Ein cylindrischer Körper von $3{,}5^{cm}$ Durchmesser und 5^{cm} Höhe, welcher 670 Grammen wiegt, hat ein specifisches Gewicht 13,928, denn das Volumen desselben ist $= 1^2{,}75 \cdot \pi \cdot 5 = 48{,}106^{cc}$ und ebensoviel Grammen würde also ein gleich grosser Wassercylinder wiegen; es ist aber $\frac{670}{48{,}106} = 13{,}928$. Diese Methode ist nur von beschränkter Anwendung, theils weil man nicht von jeder Substanz solche regelmässige Formen herstellen kann, theils weil die genaue Ausführung solcher Formen immer grosse Schwierigkeit machen würde (s. ob. §. 181, S. 560).

2. Bestimmung des Körperinhaltes durch eine beliebige volumenometrische Methode und wie bei 1., Berechnung des specifischen Gewichtes aus dem beobachteten Volumen und absoluten Gewichte.

Diese Methode zerfällt also in so viel verschiedene, als wir Hülfsmittel haben, das Volumen zu bestimmen, wovon die bekanntesten sind: a) Ausmessung des Inhaltes durch Eintauchen eines Körpers in eine Flüssigkeit, welche in einem Maassgefässe befindlich ist (s. ob. S. 564); b. Ausmessung des Inhaltes durch Einbringen eines Körpers in eine abgesperrte Luftmasse (s. ob. S. 565. Stereometer, Volumenometer). Ist durch eine solche Volumenmessung das Volumen in Cubikcentimetern $= V$ gefunden und zugleich das Gewicht in Grammen $= G$ beobachtet, so ist das specifische Gewicht $d = \frac{G}{V}$.

3. Bestimmung des Gewichtes x einer von dem Körper verdrängten Wassermasse und Berechnung des specifischen Gewichtes d aus dem absoluten Gewichte des Körpers G und dem Gewichte x. (Gefässe constanten Inhaltes. Pyknometer.) (S. ob. S. 564.) Kann ein Gefäss p Grammen Wasser enthalten und wird ein Körper vom absoluten Gewichte G in das Gefäss gebracht, wodurch so viel Wasser verdrängt wird, als das Volumen des Körpers ausmacht, so ist das nun zu ermittelnde Gewicht des Gefässinhaltes nicht mehr $p + G$, sondern eine um den Betrag des verdrängten Wassergewichtes x kleinere Grösse $p_{,}$, also $p + G = p_{,} + x$ und $x = p - p_{,} + G$, folglich ist das specifische Gewicht

$$d = \frac{G}{p - p_{,} + G}$$

Die Methoden 1 bis 3 sind ebensowohl für feste Körper wie für Flüssigkeiten verwendbar, indem die Volumenbestimmung für beide Formen der Körper durch diese Methoden ausgeführt wird.

4. Bestimmung des specifischen Gewichtes d eines Körpers vom absoluten Gewichte G durch den Gewichtsverlust y desselben, beim Eintauchen in Wasser. (Hydrostatische Waage. Aräometer mit Auflegegewichten.) (S. ob. S. 563.) Diese Methode ist weitaus die wichtigste und genaueste zur Bestimmung sowohl des specifischen Gewichtes als des Volumens der Körper. Sie beruht auf dem hydrostatischen Gesetze, dass ein in eine Flüssigkeit eingetauchter Körper einen der Schwere gerade entgegengerichteten Aufdruck erhält und zwar von der Grösse des Gewichtes der vom Körper verdrängten Flüssigkeitsmasse. Wird also ein Körper vom absoluten Gewichte G in Wasser eingetaucht, so zeigt sich nun sein Gewicht kleiner, etwa $= G_{,}$ und $G - G_{,}$ ist das Gewicht der vom Körper verdrängten Wassermasse, d. h. eines Wasserkörpers von genau dem räumlichen Inhalt des Körpers. Folglich ist dessen specifisches Gewicht $d = \frac{G}{G - G_{,}}$. Soll das specifische Gewicht $d_{,}$ einer Flüssigkeit gefunden werden, so würde man den Körper auch in diese tauchen und nun sein Gewicht etwa $G_{,,}$ finden. Dann ist $G - G_{,,}$ das Gewicht der Flüssigkeit vom Inhalte des Körpers, folglich das specifische Gewicht $d_{,}$ derselben

$$= \frac{G - G_{,,}}{G - G_{,}}$$

Die Abwägungen des Körpers geben aber offenbar zugleich die Volumina an, da dem Gewichte der verdrängten Flüssigkeit ein bestimmtes Volumen derselben, gleich dem des Körpers entspricht. Ist also der Gewichtsverlust des Körpers im Wasser $= (G - G_{,})$ Grammen, so ist sein Volumen $= (G - G_{,})$ Cubikcentimeter; und ist sein Gewichtsverlust in einer Flüssigkeit vom specifischen Gewichte $d_{,}$ wie vorher $= (G - G_{,,})$ Grammen, so ist sein Volumen $= \frac{(G - G_{,,})}{d_{,}}$ Cubikcentimeter (s. ob. S. 564).

5. Während die Methoden 1—4 für feste Körper und für Flüssigkeiten anwendbar sind, so lässt sich das specif. Gewicht der letzteren noch durch einige andere Methoden finden. Erstlich durch die Beobachtung, bis zu welcher Tiefe ein regelmässig gestalteter Körper in eine Flüssigkeit einsinkt (Aräometer mit fester Skala, Volumeter, Densimeter). Die Eintauchungstiefe ist nämlich umgekehrt proportional dem specifischen Gewichte. Nennt man das

Volumen, bis zu welchem ein Körper im Wasser eintaucht, 1 und beobachtet beim Eintauchen in einer andern Flüssigkeit das Volumen V, so ist das specifische Gewicht d der Flüssigkeit $= \frac{1}{V}$. Man würde durch dies Verfahren allerdings auch das specifische Gewicht schwimmender fester Körper bestimmen können, indem verschiedene Körper gleichen absoluten Gewichtes in dieselbe Flüssigkeit um so tiefer eintauchen, je grösser ihr specifisches Gewicht ist. Oder allgemeiner, jeder schwimmende Körper taucht in eine Flüssigkeit so tief ein, dass das Gewicht der Flüssigkeit vom Volumen des eingetauchten Theiles gleich dem Gewichte des Körpers ist. Könnte man also bei jedem auf einer Flüssigkeit von bekanntem specifischen Gewichte $d_{,}$ schwimmenden Körper das Verhältniss seines Volumens V zu dem des eingetauchten Theiles $V_{,}$ beobachten, so liesse sich hieraus das specifische Gewicht d des Körpers finden, nämlich

$$d = d_{,} \cdot \frac{V_{,}}{V}$$

Indessen wird bei der Schwierigkeit, an beliebigen Körpern das Verhältniss $\frac{V_{,}}{V}$ abzumessen, kein genaues Resultat zu erwarten sein.

6. Nach den Gesetzen der Hydrostatik müssen die vertikalen Höhen von Flüssigkeitssäulen, welche denselben Druck auf eine horizontale Grundfläche ausüben sollen, im umgekehrten Verhältnisse zu den specifischen Gewichten der Flüssigkeiten stehen. Aus den beobachteten vertikalen Höhen $h_{,}$ und h einer Flüssigkeit und des Wassers, welche denselben Druck ausüben, findet man das specifische Gewicht $d_{,}$ der Flüssigkeit, wenn das des Wassers $= 1$ gesetzt ist

$$h_{,} : h = 1 : d_{,} \text{ und } d_{,} = \frac{h}{h_{,}}$$

7. Das specifische Gewicht luftförmiger Körper wird gewöhnlich durch Wägung bestimmt, indem man die zu untersuchende Luftart in ein seinem Inhalte nach ausgemessenes Gefäss bringt, welches luftleer gemacht werden kann und die Gewichtsdifferenz zwischen dem leeren und dem mit der Luft erfüllten Gefässe ermittelt. Diese Gewichtsdifferenz oder das absolute Gewicht der abgeschlossenen Luftmasse sei $= L$ Grammen, der Inhalt des Gefässes $= V$ Cubikcentimeter, so ist $\frac{L}{V}$ das specifische Gewicht der Luftart gegen Wasser $= 1$ gesetzt. Wäre aber ebenso das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft gegen Wasser als $\frac{A}{V}$ gefunden, so würde $\frac{L}{A}$ das specifische Gewicht der Luftart, bezogen auf die atmosphärische Luft als Einheit, angeben.

Nach einer von Gay-Lussac nach chemischen Beobachtungen aufgestellten, übrigens zweifelhaften Theorie, der Volumentheorie, kann man die specifischen Gewichte der luftförmigen Körper aus der Zusammensetzung derselben berechnen. Es wird nämlich angenommen, dass die specifischen Gewichte der Gase und Dämpfe den chemischen Mischungsgewichten (s. unten §. 231) proportional sind und die verschiedenen Gase sich in einfachen, durch ganze Zahlen ausdrückbaren Verhältnissen bei allen Temperaturen und unter allen Drucken verbinden sollen.

β. Specifische Gewichte einiger Körper.

Das specifische Gewicht ist eine der charakteristischen Eigenschaften der Körper, deren Kenntniss Schlüsse auf die Beschaffenheit derselben zu machen gestattet. Erstlich ändert sich das specifische Gewicht eines und desselben Körpers mit der Temperatur und wird hiervon in der Wärmelehre Gebrauch gemacht, um aus der beobachteten Dichtigkeitsänderung (oder, was dasselbe ist, aus der im umgekehrten Verhältnisse stehenden Volumenänderung) den Wärmezustand zu erkennen. Ferner kann derselbe Körper durch verschiedene Behandlungen verschiedene Dichtigkeiten erhalten, was für viele technische Zwecke verwerthet wird. Sodann ändert sich das specifische Gewicht bei Mischungen und Verbindungen zweier Körper je nach

dem procentischen Antheile der Bestandtheile in der Mischung und wird wiederum die Beobachtung des specifischen Gewichtes in zahlreichen Fällen benutzt, um daraus auf die procentische Zusammensetzung gemischter Substanzen zu schliessen. Endlich ist schon an und für sich die Verschiedenheit des specifischen Gewichtes oft ein so entscheidendes Merkmal verschiedener in ihren übrigen Eigenschaften ähnlicher Körper, dass es als vorzügliches Mittel zur Unterscheidung derselben dienen kann. Aus diesen Gründen ist die Bestimmung des specifischen Gewichtes eine fortwährend vorkommende Aufgabe und besitzen wir ausserordentlich viele Angaben über diese Grössen. Es würde ganz unthunlich sein, diese zahlreichen Bestimmungen zusammenzustellen, aber auch unnütz, weil eine grosse Menge derselben, namentlich die älteren, nicht sehr genau sind und weil in den meisten Körpern, z. B. den Mineralien, organischen Substanzen und vielen Kunstprodukten, die Bestandtheile nicht so gleichmässig vorhanden sind, dass stets dasselbe specifische Gewicht an ihnen zu beobachten wäre. Eine solche Gleichmässigkeit darf nur bei den stets von gleicher Beschaffenheit herzustellenden Körpern, also z. B. den chemischen Elementen und Verbindungen, erwartet werden. Dennoch ist es bei vielen Untersuchungen wünschenswerth, ungefähr die specifischen Gewichte der gebrauchten Körper zu kennen, und habe ich deshalb in den folgenden Tabellen einige Angaben zusammengestellt, wobei ich mich, namentlich bei den festen Körpern, auf diejenigen Körper beschränkt habe, welche ihrer physikalischen Eigenschaften wegen in den verschiedenen Abschnitten der Physik als Objecte dienen. Die Tabellen 1, 2 und 3 der luft- und dampfförmigen, sowie der flüssigen Körper sind grösstentheils der Poggendorff'schen Tabelle im Handwörterbuch der Chemie entnommen. Die Angaben für die festen Körper stammen aus verschiedenen Quellen; die für die chemischen Elemente meistens aus den betreffenden Artikeln aus dem Handwörterbuche der Chemie, für die Legirungen aus Schubart's Tafeln, für die Mineralien aus Hausmann's Mineralogie, für die Hölzer und verschiedene Körper aus Gehler's Wörterbuch, Schumacher's Jahrbuch und Dingler's polytechnischem Journal u. s. w. Ausführlichere Tabellen sind in der Literaturübersicht am Schlusse des Kapitels citirt.

1. Gase.

(Bei gewöhnlicher Temperatur luftförmige Körper, das specif. Gewicht gegen Luft = 1 bei 0° und 0,76 m Barometerstand und gegen Wasser = 1 bei + 4° C.)

Namen des Gases.	Berechnet gegen Luft = 1.	Beobachtet gegen Luft = 1.	Beobachtet geg. Wasser = 1.	Beobachter.
Ammoniak	0,59120	0,5967	0,000775160	Biot u. Arago
Arsenwasserstoff	2,69454	2,695	0,003504000	Dumas
Atmosphärische Luft	1,00000	1,0000	0,001299075	
Chlor	2,44033	2,47	0,003208700	Gay-Lussac u. Thénard
Chlorwasserstoff	1,25456	1,2474	0,001620500	Biot u. Arago
Cyan	1,84879	1,8064	0,002346700	Gay-Lussac
Kohlenoxyd	0,97270	0,9678	0,001257200	Wrede. Cruikshank.
Kohlenwasserstoffe:				
$C^1/_2\ H_2$ (Sumpfgas)	0,55900	0,555	0,000720990	Thomsen
$C_1\ H_2$ (Elayl, ölbild. Gas)	0,98039	0,9852	0,001279800	Saussure
$C_2\ H_4$ (Valylen, Quadricarburet)	1,96078	1,9264	0,002502500	Faraday
Kohlensäure	1,52400	1,5245	0,001980400	Berzelius u. Dulong
		1,5201	0,001974700	Wrede
Phosphorwasserstoff	1,18460	1,147	0,001490000	H. Rose
Sauerstoff		1,1026	0,001432400	Berzelius u. Dulong
		1,1057	0,001436400	Dumas u. Stass
		1,1056	0,001436300	Saussure
		1,1052	0,001435700	Wrede
Schweflige Säure	2.21162	2,247	0,002919000	Berzelius
Schwefelwasserstoff	1,17782	1,1912	0,001547500	Gay-Lussac u. Thénard
Stickstoff		0,972	0,001262700	Dumas
		0,976	0,001267900	Berzelius u. Dulong

Namen des Gases.	Berechnet gegen Luft = 1.	Beobachtet		Beobachter.
		gegen Luft = 1.	geg. Wasser = 1.	
Stickstoffoxyd	1,03930	1,0388	0,001349500	Berzelius
Stickstoffoxydul	1,52730	1,5204	0,001975100	Colin
Wasserstoff		0,0688	0,00008938	Berzelius u. Dulong
		0,0691	0,00008977	Dumas

2. Dämpfe.

(Specif. Gewicht des luftförmigen Zustandes von Körpern, die bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind, und einiger mit † bezeichneter, bei gewöhnlicher Temperatur fester Körper.)

Namen der Substanz.	Chemische Zusammensetzung.	Berechnet gegen Luft = 1.	Beobachtet		Beobachter.
			gegen Luft = 1.	gegen Wasser = 1.	
Aether	$C_2\ H_5\ O^1/_2$	2,58088	2,586	0,0033594	Gay-Lussac
Alkohol	$C\ H_3\ O^1/_2$	1,60049	1,6133	0,0020958	Gay-Lussac
Ameisenäther	$C^3/_2\ H_3\ O$	2,57318	2,593	0,0033685	Liebig
† Antimon	Sb	17,78388			
† Arsen	As	10,36536	10,65	0,0138350	Mitscherlich
† Arsenige Säure	$As + 3\ O$	13,67346	13,85	0,0179930	Mitscherlich
Benzin	$C_3\ H_3$	2,73477	2,77	0,0035984	Mitscherlich
			2,752	0,0035751	Faraday
Benzoeäther	$C^9/_2\ H_5\ O$	5,23915	5,409	0,0070267	Dumas
Bernsteinäther	$C_4\ H_7\ O_2$	6,05796	6,22	0,0080802	D'Arcet
Brom	Br	5,39337	5,54	0,0071969	Mitscherlich
Camphen	$C_5\ H_7$	4,69555	4,78	0,0062124	Dulong
† Campher	$C_5\ H_8\ O^1/_2$	5,31565	5,337	0,0069332	Dumas
† Chrom	Cr	3,87916			
Elaën	$C_4\ H_8$	3,92156	4,071	0,0052885	Frémy
Essigäther	$C_2\ H_4\ O$	3,06338	3,067	0,0039843	Dumas
Essiggeist	$C^3/_2\ H^6/_2\ O^1/_2$	2,02189	2,019	0,0026228	Dumas
Essigsäurehydrat	$^2/_3(C_2 H_3 O^3/_2 + HO^1/_2)$	2,77732	2,74	0,0035513	Dumas
Holzgeist	$C^1/_2\ H_2\ O^1/_2$	1,11030	1,120	0,0014550	Dumas
† Jod	J	8,70111	8,716	0,0011323	Dumas
† Kiesel	Si	3,05949			
† Kohle	C	0,84279			
Kohlenwasserstoffe	$C_2\ H_4$	1,96078	2,000	0,0025981	Couerbe
	$C^5/_2\ H_4$	2,38218	2,354	0,0030580	Couerbe
	$C_3\ H_4$	2,80358	2,802	0,0036400	Couerbe
	$C^7/_2\ H_4$	3,22498	3,340	0,0043389	Couerbe
	$C_4\ H_4$	3,64638	3,765	0,0048910	Couerbe
	$^1/_5\ C_{14}\ H_{22}$	2,66253	2,637	0,0034257	Couerbe
Naphtha	$C_3\ H_5$	2,87237	2,833	0,0036803	Saussure
† Paraffin	$C_{10}\ H_{21}$	9,87270	10—11,8	bis 0,0153290	Lewy
Petrolen	$C_{10}\ H_{16}$	9,52870	9,415	0,0012231	Boussingault
† Phosphor	P	4,32562	4,58	0,0059498	Mitscherlich
			4,388	0,0057003	Dumas
Quecksilber	Hg	6,97848	7,03	0,0091325	Mitscherlich
			6,976	0,0090624	Dumas
Salpetersäure, salpetrige	$^1/_2\ N + O$	1,59060	1,715	0,0022279	Mitscherlich
„ wasserhaltige	$^2/_5 N^2/_4 O^5/_4 + ^4/_5 HO^1/_2$	1,24258	1,273	0,0016537	Bineau
† Schwefel	S	6,65415	6,551	0,0085102	Dumas
† Schwefelsäure	$^1/_6\ S + ^9/_6\ O$	2,76292	3,01	0,0039102	Mitscherlich
† Tellur	Te	8,84419			
† Titan	Ti	3,34844			
Terpentinöl	$5\ C + 8\ H$	4,76435	4,765	0,0061901	Dumas
Wasser	$H + ^1/_2\ O$	0,62040	0,6235	0,0008100	Gay-Lussac
† Wismuth	Bi	9,77915			
† Zinn	Sn	8,10735			

3. Flüssigkeiten.

(Wo es nicht besonders bemerkt ist, gilt das specif. Gewicht für mittlere Temperaturen von 15—20° C. gegen Wasser gleicher Temperatur = 1 gesetzt.)

Namen der Flüssigkeit.		Sp. G.
Aether (bei 24,8°)		0,7149
Aldehyd		0,790
Alkohol, absoluter		0,7924
„ 90% Alk. 10% Wasser		0,8286
„ 80 „ 20 „		0,8566
„ 70 „ 30 „		0,8833
„ 60 „ 40 „		0,9075
„ 50 „ 50 „		0,9303
„ 40 „ 60 „		0,9495
„ 30 „ 70 „		0,9643
„ 20 „ 80 „		0,9756
„ 10 „ 90 „		0,9859
Ameisenäther		0,912
Ameisensäurehydrat, concentrirt		1,2353
Ammoniakflüssigkeit, „		0,875
Benzin		0,85
Benzoeäther bei 10°		1,0539
Bernsteinäther		1,036
Bier	1,023 bis	1,034
Blausäure		0,705
Blut	1,025 bis	1,055
Brom		2,966
Camphen (Camphogen) bei 13°		0,860
Chloroform		1,480
Chlorkohlenstoff		1,599
Eiweiss		1,0408
Essigäther bei 7°		0,866
Essiggeist		0,7921
Essigsäurehydrat		1,063
Eupion		0,655
Flusssäure		1,0609
Glycerin		1,28
Harn		1,011
Holzgeist		0,798
Honig		1,450
Kleesäure		1,045
Kohlenwasserstoffe	$C^5/_2\ H_4$	0,709
	$C_3\ H_4$	0,8022
	$C^7/_2\ H_{14}$	0,821
	$C_4\ H_4$	0,835
	$^1/_5\ C_{14}\ H_{22}$	0,7524
Kreosot		1,037
Milch	1,020 bis	1,041
Naphtha		0,758
Oele: Baumöl		0,919
Bergamottöl		0,850
Cajeputöl		0,978
Citronenöl		0,847
Dillöl		0,881

Namen der Flüssigkeit.		Sp. G.
Oele: Fenchelöl		0,999
Fuselöl		0,818
Hanföl		0,929
Kümmelöl		0,945
Leinöl		0,940
Mandelöl		1,043
Mohnöl		0,925
Nelkenöl		1,034
Nussöl		0,926
Olivenöl		0,915
Ricinusöl		0,970
Rosenöl		0,832
Rüböl		0,913
Senföl (fett)		0,917
„ (ätherisch)		1,038
Spiköl		0,877
Steinöl		0,777
Terpentinöl	0,843 bis	0,872
Wachholderöl		0,935
Zimmtöl		1,035
Oxaläther		1,093
Petrolen		0,891
Quecksilber bei 0°		13,598
Salpetersäure, 100% S.		1,500
„ 80 „		1,438
„ 60 „		1,348
„ 40 „		1,234
„ 20 „		1,111
Salpetrige Säure		1,451
Salzsäurehydrat,	höchstens	1,211
Schwefelkohlenstoff		1,269
Schwefelsäure, wasserfrei		1,970
„ Nordhäuser		1,896
„ engl., 100% Säure		1,840
„ „ 90 „		1,805
„ „ 80 „		1,709
„ „ 70 „		1,595
„ „ 60 „		1,486
„ „ 50 „		1,387
„ „ 40 „		1,297
„ „ 30 „		1,215
„ „ 20 „		1,138
„ „ 10 „		1,066
Schwefelwasserstoff $H_2\ S$		0,900
„ $H\ S$		1,77
Schweflige Säure bei — 10°		1,42
Seewasser, Ostsee	1,0034 bis	1,01
„ Schwarzes Meer		1,013
„ Ocean		1,028

Namen der Flüssigkeit.	Sp. G.	Namen der Flüssigkeit.	Sp. G.
Seewasser, Todtes Meer	1,226	Wein, Port-W.	0,997
Thran	0,918 bis 0,937	Malaga-W.	1,015
Wein, Rhein-W.	0,992 bis 1,002	Madeira-W.	1,038
Burgunder-W.	0,992	Zinnchlorid	2,25
Champagner-W.	0,962		

4. Feste Körper.

(Verglichen mit Wasser = 1 von gleicher mittlerer Temperatur.)

A. Chemisch einfache Körper.

Namen der Körper.	Sp. G.	Namen der Körper.	Sp. G.	Namen der Körper.	Sp. G.
Aluminium	2,67	Kobalt	7,811	Schwefel	2,087
Antimon	6,70	Kohle	3,52	Selen	4,31
Arsen	5,76	Kupfer	8,788	Silber	10,414
Barium	4,00	Lanthan	?	Silicium	?
Beryllium	?	Lithium	0,59	Strontium	2,504 bis 2,580 ?
Blei	11,445	Magnesium	1,74	Tantal	10,78
Bor	1, + ...	Mangan	7,0	Tellur	6,343 bis 6,115
Caesium	?	Molybdän	8,61	Terbium	?
Calcium	2,5 ?	Natrium	0,972	Thallium	11,86
Cerium	?	Nickel	8,279	Thorium	?
Chrom	5,9 bis 5,19 ?	Niobium	?	Titan	8,0 ?
Didymium	?	Osmium	10,0	Uran	18,5
Eisen	7,844	Palladium	11,30	Vanadium	?
Erbium	?	Phosphor	1,77	Wismuth	9,822
Gold	19,099	Platin	20,855	Wolfram	18,26 bis 16,5
Jod	4,95	Quecksilber, gefroren	14,391 ?	Yttrium	?
Iridium	18,60	Rhodium	11,0	Zink	7,213
Kadmium	8,69	Rubidium	?	Zinn	7,291
Kalium	0,865	Ruthenium	10,0 ?	Zirkonium	4,7

B. Metalle in verschiedenen Zuständen und Metalllegirungen.

Namen der Metalle.	Sp. G.	Namen der Metalle.	Sp. G.
Eisen, geschmiedet	7,788	Platin, geprägt	bis 22,100
„ gegossen	7,207 bis 7,251	Silber, gegossen	10,405
„ Draht, ungeglüht	7,631	„ gehämmert	10,448
„ „ geglüht	7,600	„ gewalzt	10,551
„ Meteor-	7,6 bis 7,830	„ Draht	10,491
Gold, gediegen	bis 19,40	Silber 9 Thle., Kupfer 1 Thl., gegossen	10,599
„ gegossen	19,258	„ „ gehämmert	10,221
„ gehämmert	19,361	„ „ gewalzt	10,089
Kupfer, gegossen	8,453	„ „ Draht	10,317
„ gehämmert	8,889	„ „ geprägt	10,392
„ Draht, ungeglüht	8,623	Stahl	bis 7,795
„ „ geglüht	8,391	„ Guss-	7,919
Messing, gewalzt	8,508	„ Wootz-	7,727
„ Draht	8,376 bis 8,493	Zink, gegossen	7,213
Nickel, gegossen	8,279	„ gehämmert	7,861
„ gewalzt	8,666	Zinn, gegossen	7,291
Palladium, geschmolzen	11,300	„ gehämmert	7,799
„ gewalzt	12,148	Zinn 1 Thl., Kupfer 4 Thle., gegossen	8,439
Platin, geschmolzen	20,855	„ „ gehämmert	8,889
„ gehämmert	21,314		

C. Mineralien.

Namen der Mineralien.	Sp. G.		
Achat	2,3	bis	2,7
Alabaster	2,2	„	2,4
Albit	2,54	„	2,64
Alaun	1,70	„	2,0
Anatas (Titansäure)	3,83	„	3,93
Andalusit	3,1	„	3,2
Anhydrit	2,7	„	3,0
Anthracit	1,3	„	1,75
Antimonglanz	4,2	„	4,7
Apatit	3,0	„	3,24
Apophyllit	2,3	„	2,5
Aragonit	2,6	„	3,01
Arsenige Säure	3,6	„	3,7
Asbest	1,0	„	3,0
Asphalt	1,1	„	1,2
Augit	3,3	„	3,4
Baryt	4,0	„	4,59
Basalt	2,72	„	2,86
Bergkrystall	2,6	„	2,8
Bernstein	1,0	„	1,1
Beryll	2,67	„	2,75
Bimstein	2,19	„	2,2
Bitterkalk	2,54	„	2,97
Bittersalz	1,7	„	1,8
Blei, chromsaures	6,0		
Bleiglanz	7,2	„	7,6
Bleioxyd, braun	9,39	„	9,45
Bleispath	6,0	„	6,6
Bleivitriol	6,25	„	6,4
Blende	3,8	„	4,2
Boracit	2,9	„	3,0
Brauneisenstein	3,5	„	4,2
Braunkohle	0,5	„	1,5
Brookit (Titansäure)	4,128	„	4,167
Chalcedon	2,3	„	2,7
Chiastolith s. Andalusit.			
Chromeisen	4,3	„	4,5
Chrysolith	3,3	„	3,5
Coelestin	3,6	„	4,0
Cordierit	2,5	„	2,7
Datolith	3,0	„	3,35
Diamant	3,5	„	3,6
Dichroit s. Cordierit			
Diopsid	3,3		
Disthen	3,5	„	3,7
Eisenglanz	5,1	„	5,3
Eisenvitriol	1,8	„	1,9
Epidot	2,6	„	3,5
Erdpech, elastisches	0,8	„	1,23
Fahlerz	4,3	„	5,2
Feldspath	2,39	„	2,6

Namen der Mineralien.	Sp. G.		
Feuerstein	2,59	bis	2,62
Flussspath	3,0	„	3,3
Galmei	4,1	„	4,5
Glaubersalz	1,481		.
Glimmer	2,8	„	3,1
Granat	3,1	„	4,3
Granit	2,54	„	2,96
Graphit	1,8	„	2,5
Graubraunstein	4,3	„	4,4
Grauspiessglanz s. Antimonglanz.			
Gyps	2,2	„	2,4
Honigstein	1,5	„	1,6
Hornblende	3,0	„	3,4
Idokras	3,2	„	3,4
Kalk	2,2	„	2,8
Kalkspath, rein	2,7141		
Kalkstein	2,646	„	2,708
Kaolin	2,2	„	2,3
Kobaltglanz	6,1	„	6,35
Kochsalz s. Steinsalz.			
Kohlen: Anthracit	1,3	„	1,75
„ Schwarzkohle	1,15	„	1,5
„ Braunkohle	0,5	„	1,5
Korund	3,9	„	4,3
Kryolith	2,953		
Kupferkies	4,1	„	4,3
Kupferoxyd	5,7	„	6,0
Kupfervitriol	2,19	„	2,3
Labradorit	2,67	„	2,76
Lawa	2,79	„	2,82
Leuzit	2,4	„	2,5
Magnesit	2,85	„	3,0
Magneteisen	4,8	„	5,2
Magnetkies	4,4	„	4,7
Malachit	3,56	„	4,05
Manganoxyde s. Grau- und Weichbraunstein.			
Marmor	2,658	bis	2,711
Meerschaum	1,2	„	1,6
Mennige	4,6		
Mergel	2,6		
Molybdänglanz	4,5	„	4,6
Obsidian	2,2	„	2,4
Oligoklas	2,64	„	2,74
Olivin s. Chrysolith.			
Opal	2,0	„	2,2
Pechuran	6,468		
Porphyr	2,70	„	2,80
Prehnit	2,8	„	3,0
Probirstein	2,615	„	2,629
Quarz	2,6	„	2,8
Realgar	3,556		

Namen der Mineralien.	Sp. G.	Namen der Mineralien.	Sp. G.
Rubin	3,9 bis 4,3	Talk s. Speckstein.	
Rutil (Titansäure)	4,2 „ 4,3	Thon	1,7 „ 2,7
Salmiak	1,5 „ 1,6	Thonschiefer	2,67 „ 2,88
Salpeter, Kali-	1,9 „ 2,0	Titaneisen	4,66 „ 5,0
„ Natron-	2,0 „ 2,3	Topas	3,4 „ 3,6
Sandstein	2,2 „ 2,5	Travertin	2,474
Sapphir s. Rubin.		Tripel	1,86 „ 2,2
Sassolin (Borsäure)	1,5	Tungstein	7,8 „ 8,1
Scheelit	5,9 „ 6,2	Turmalin	3,0 „ 3,3
Schwefelkies	4,9 „ 5,1	Vesuvian s. Idokras.	
Schwerspath s. Baryt.		Vivianit	2,6 „ 2,7
Serpentin	2,4 „ 2,6	Wasserkies	4,65 „ 4,9
Smaragd s. Beryll.		Weichbraunstein	4,82 „ 4,94
Soda	1,423	Witherit	4,2 „ 4,4
Speckstein	2,6 „ 2,7	Wolframit	7,1 „ 7,5
Sphen	3,4 „ 3,6	Zinkglas	3,1 „ 3,6
Spinell	3,428 „ 3,684	Zinkoxyd	5,432
Staurolith	3,4 „ 3,8	Zinkvitriol	1,9 „ 2,1
Steinsalz	2,2 „ 2,3	Zinnober	6,7 „ 8,2
Strontianit	3,6 „ 3,8	Zinnstein	6,3 „ 7,0
Struvit	1,66 „ 1,75	Zirkon	4,4 „ 4,65

D. Hölzer.

Namen des Holzes.	Lufttrocken.	Frisch gefällt.	Die Pflanzenfaser für sich.
Ahornholz	0,612 bis 0,750	0,940	1,099 bis 1,419
Apfelholz	0,793		
Birkenholz	0,50 bis 0,640	0,70 bis 0,857	
Birnenholz	0,614 bis 0,735		1,057 bis 1,495
Brasilholz	1,031		
Buchenholz, weiss	0,590 bis 0,852	0,982	0,980 bis 1,449
Buchsbaumholz, franz.	0,912		
„ brasilian.	1,031		
Campechenholz	0,913		
Cedernholz, amerikan.	0,561		
„ aus Palästina	0,613		
„ indisch?	1,315		
Citronenholz	0,726		
Cocusnussholz	0,726		
Cypressenholz, spanisch	0,644		
Ebenholz, spanisch	0,800		
„ indisch	1,209		
„ amerikanisch	1,331		
Eibenholz	0,788		
Eichenholz	0,494 bis 0,920		0,861 bis 1,082
„ Kern	1,170		
Erlenholz	0,660 bis 0,680		
Eschenholz, Stamm	0,845		
Fernambukholz	1,014		
Franzosenholz	1,333		
Granatholz	1,354		

Namen des Holzes.	Lufttrocken.	Frisch gefällt.	Die Pflanzenfaser für sich.
Haselnussholz	0,600		
Hollunderholz	0,695		
Kastanienholz	0,580 bis 0,610		
Kirschbaumholz	0,715		
Korkholz	0,150 bis 0,246		
Lindenholz	0,415 bis 0,760		1,207 bis 1,622
Lorbeerholz	0,822		
Mahagonyholz	1,063		
Mastixholz	0,849		
Maulbeerholz	0,897		
Mispelholz	0,944		
Olivenholz	0,927		
Orangenholz	0,705		
Pappelholz, weiss	0,383 bis 0,529		
„ schwarz	0,380 bis 0,557	0,780	
Pflaumenholz	0,785		
Quittenholz	0,705		
Rosenholz	0,780 bis 1,010		
Sandelholz	0,809 bis 1,128		
Sassafrasholz	0,482		
Steineichenholz	0,760	9,990 bis 1,100	
Tannenholz, weiss	0,550		
„ roth	0,498	0,550 bis 0,870	
Ulmenholz, Stamm	0,671		
Wachholderholz	0,556		
Wallnussholz	0,516 bis 0,811		0,843 bis 1,139
Weidenholz	0,585 bis 0,671		
Weinrebenholz	1,327		

E. Verschiedene feste Körper.

Namen der Körper.	Sp. G.	Namen der Körper.	Sp. G.
Bausteine: Backsteine	2,3 bis 2,6	Gläser, Spiegel-	2,450
Granitsteine	2,54 „ 2,96	„ Krystall-	2,892 bis 3,000
Kalksteine	2,2 „ 2,8	„ Flint-, engl.	3,373 „ 3,442
Sandsteine	2,2 „ 2,5	„ „ franz.	3,158 „ 3,200
Borax	1,72	„ „ Fraunhofer's	3,779
Butter	0,943	„ Faraday's Borblei-	6,4
Cacaobutter	0,91	„ Strass	3,5 „ 3,6
Calomel	5,60	Harze, Fichten-	1,073
Campher	0,986	Elemi	1,083
Caoutschuc	0,922 „ 0,925	Guayac-	1,205
Copal	1,07 „ 1,14	Gummi guttae	1,482
Eis	0,95	Guttapercha	0,962 „ 0,979
Elfenbein	1,83 „ 1,92	Mastix	1,074
Fett, Hammel-	0,924	Retinit	1,07 „ 1,35
„ Kalbs-	0,934	Sandarach	1,05
„ Ochsen-	0,923	Weihrauch	1,22
„ Schweine-	0,937	Knochen	1,656
Gläser, Borax-	2,60	Korallen	2,69
„ Bouteillen-	2,642	Mehl (Weizen-)	1,56

Namen der Körper.	Sp. G.
Opium	1,336
Paraffin	0,870 bis 0,900
Pech, weisses	1,072
Perlen	2,684 „ 2,75
Porzellan	2,075 „ 2,493
Schiesspulver, gehäuft	0,836
Schiesspulver, geschüttelt	0,932
„ gestampft	1,745
Stearin	0,987 bis 1,031
Wachs	0,965 „ 0,969
Wallrath	0,942
Zucker, weisser	1,606

§. 230.

g. Molekularkräfte der Materie.

Ausser in den Erscheinungen der allgemeinen Gravitation und der Schwere zeigen sich zwischen allen Körpern Anziehungen unter sehr mannigfaltigen Erscheinungsformen. Das Gemeinsame dieser Erscheinungen besteht darin, dass die anziehenden Wirkungen der Körper und Körpertheilchen aufeinander erst in unmerklichen oder äusserst kleinen Entfernungen derselben eintreten. Ja, zwei für sich bestehende Körper können aneinander haften bleiben und in ihrer gegenseitigen Anziehung eine Kraft zeigen, welche grösser als die Erdanziehung oder das Gewicht jedes der Körper ist, sobald sie einander hinreichend nahe gebracht wurden (Adhäsion). In jedem festen Körper haften die Theilchen, welche wir nach der angenommenen atomistischen Ansicht als isolirte Massen betrachten, mit einer so grossen Kraft aneinander, dass eine in den meisten Fällen vielfach die Erdanziehung übertreffende Kraft angewendet werden muss, um sie voneinander zu trennen (Cohäsion der festen Körper, Festigkeit in ihren verschiedenen Formen). Aber auch die Partikelchen der Flüssigkeiten zeigen ein merkliches Zusammenhalten, was man z. B. in der Tropfenbildung erkennt, die stets eintritt, wenn nicht auf die Flüssigkeit von andern Körpern her Kräfte einwirken, welche dem Zusammenhalten der Flüssigkeitstheile überlegen sind (Cohäsion der Flüssigkeiten und die damit zusammenhängenden Capillaritätserscheinungen).

Diese in der Adhäsion und Cohäsion erkennbaren Anziehungen stehen in keinem nachweisbaren Verhältnisse zu der Anziehung der Erde auf die Massen der Körper, es können zwei Körper von geringer Masse ebensowohl wie von grosser Masse eine die Schwere gleich stark übertreffende Adhäsion zeigen und ebenso kann ein Körper von geringer Masse eine ebenso kräftige Cohäsion haben als ein Körper von bedeutender Masse. Die Versuche, diese Anziehungen zwischen den Körpern auf dasselbe Gesetz wie die allgemeine Gravitation zurückzuführen, d. h. auf den Satz, dass die Anziehungsgrösse proportional der Masse und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung sei, müssen als missglückt angesehen werden. Wir kennen das Gesetz, nach welchem diese Anziehungserscheinungen sich richten, noch nicht, sondern können nur so viel darüber aussagen, dasselbe müsse von der Art sein, dass die Anziehungen der Körpertheilchen aufeinander in unmittelbarster Nähe derselben sehr gross sein können, aber in merkbaren Entfernungen bereits verschwindend klein werden.

Mathematische Ausdrücke für ein derartiges Gesetz der Anziehungen lassen sich in beliebiger Zahl aufstellen und sind oft angegeben worden, um zu versinnlichen, wie neben der Massenanziehung in die Entfernung eine andere An-

ziehung bestehen könne, die erst bei grosser Annäherung der Körper zur Wahrnehmung gelange (Keill, Sigorgne u. A.). Indessen lassen sich die in einem derartigen Ausdrucke vorkommenden, von den Entfernungen der Körpertheile abhängenden Funktionen durch die Erfahrung nicht prüfen, wie wir etwa die Gültigkeit des Gravitationsgesetzes prüfen, weil uns die Mittel fehlen, die Entfernungen selbst zu messen.

Bei den Versuchen zur Prüfung der Adhäsion und Cohäsion zeigen sich ferner Erscheinungen, welche nicht allein auf eine zwischen den Körpertheilen bestehende Anziehungskraft, sondern auch auf eine derselben entgegenwirkende Abstossungskraft hindeuten. Beispiele hierfür sind folgende: Legt man zwei ebene Glasplatten aufeinander, nachdem man zuvor einen Coconfaden auf der unteren ringförmig angeordnet hatte, so hängen die Platten aneinander, zeigen also Adhäsion, trotzdem sie in einem bestimmten Abstande, gleich der Dicke des Coconfadens, voneinander befindlich sind *. Würden nun zwei ebene Glasplatten ohne den Coconfaden aufeinandergelegt, so müsste, wenn nur die Anziehung existirte, eine immer weiter gehende Annäherung der Platten eintreten, bis dieselben sich zu einer einzigen Glasmasse vereinigt hätten, die Adhäsion müsste in Cohäsion übergehen. Statt dessen findet sich, dass eine sehr bedeutende Kraft nöthig ist, um die Platten über die Gränze ihrer Nähe in der Adhäsion hinaus aneinander zu bringen **. Aus dieser Erscheinung sieht man, dass in einer gewissen sehr kleinen Entfernung zuerst Anziehung eintritt, dass alsdann der grösseren Annäherung ein Widerstand entgegensteht, die Körper sich wie einander abstossend verhalten, dass diese Abstossung aber bei grösserer Annäherung der Theilchen, wie sie in einem und demselben Körper stattfindet, wieder in eine noch beträchtlichere Anziehung, die der Cohäsion, übergeht. Zu einem gleichen Schlusse würde die Beobachtung bei der Prüfung der Cohäsion führen, indem wir bemerken, dass zum Zusammendrücken der Körper eine immer grössere Kraft erforderlich ist, die Theilchen also einer noch weiter gehenden Annäherung entgegenwirken und bei vielen Körpern, den elastischen, wirklich ihre frühere Entfernung wieder einnehmen, wenn die zusammendrückende Kraft zu wirken aufhört.

Ob überhaupt die Annahme einer abstossenden Kraft der Materie erforderlich ist und welchen Gesetzen dieselbe folgt, oder ob die abstossende Kraft von der Wärme hervorgerufen wird, muss für jetzt unentschieden bleiben. Jedenfalls aber ist es zweckmässig, um nicht Gebiete miteinander zu verwechseln, bei deren einem die Hypothese der Gravitation sehr genügende Erklärungen giebt, bei deren anderm, den Cohäsions- und Adhäsionserscheinungen, dies nicht der Fall ist, einstweilen das Resultat der Beobachtungen einfach anzunehmen, d. h. zu sagen, die Körper verhalten sich bei grosser Annäherung ihrer Theilchen so, als ob mit ihnen anziehende und abstossende Kräfte (**Molekularkräfte**)

* Versuch von Huyghens. Robison berechnet die Entfernung der Platten hierbei auf $\frac{1}{2400}$ engl. Zoll.

** Nach Robison ein Druck von 1000 Pfd. auf einen Quadratzoll, um zwei Glasplatten bis auf $\frac{1}{178000}$ Zoll zu nähern.

verbunden seien, über deren Natur wir nichts Näheres auszusagen wissen, bei denen die Uebereinstimmung der anziehenden Kraft mit der allgemeinen Gravitation nicht nachweisbar und die Abstossungskraft vielleicht auf eine andere Ursache zurückzuführen ist.

1. Der Sprachgebrauch für die Begriffe der Adhäsion und Cohäsion ist ziemlich schwankend. Nach GEHLER's Phys. Wörterb. wird unter Cohäsion nur der Zusammenhang der Theile fester Körper, wenn sie ein Ganzes bilden, verstanden, dagegen unter Adhäsion das Zusammenhalten sowohl für sich bestehender fester Körper, als fester Körper mit flüssigen und luftförmigen, flüssiger untereinander und mit luftförmigen. Es werden hiernach alle Erscheinungen der Mischung zweier Flüssigkeiten, der Absorption von Flüssigkeiten und Gasen in festen Körpern und von Gasen in Flüssigkeiten zur Adhäsion gerechnet, die Cohäsion nur als eine Eigenschaft der festen Körper betrachtet. Von diesem Sprachgebrauch unterscheidet sich der oben angenommene darin, dass die Cohäsion auch für die Theilchen einer für sich bestehenden Flüssigkeit in Anspruch genommen wird. Da wir die Gesetze für die Adhäsion und Cohäsion nicht kennen, so lassen sich die Begriffe dieser in kleinsten Entfernungen wirkenden Anziehungen nicht principiell feststellen. Es scheint aber der oben angenommene Sprachgebrauch am besten geeignet, die zusammengehörigen Erscheinungen zu bezeichnen. Wir denken uns zwei getrennte Körper einander genähert, bei hinreichender Annäherung tritt Adhäsion zuerst ein. Es kann sein, dass sie sich völlig anziehen und zu einer Masse vereinigen, sei es, dass es zwei Flüssigkeiten sind, die sich mischen, sei es, dass nur der eine Körper eine Flüssigkeit ist, welche erstarrend mit dem festen Körper sich vereinigt. Dann aber bilden eben beide zuvor nur adhärirende Körper nun eine gemeinsame Masse und deren Zusammenhang heisst die Cohäsion, gleichviel ob die Stärke des Zusammenhanges überall im Körper dieselbe oder ungleich ist, wie z. B. wenn zwei verschiedene Metalle zusammengelöthet, zwei Hölzer verleimt werden u. s. w. Umgekehrt, vernichten wir erst die Cohäsion, durch Zerbrechen eines festen Körpers oder durch Zerspalten eines Flüssigkeitstropfens in mehrere, so ist die Anziehung, welche die wieder aneinandergelegten Theile zeigen, zuerst wieder nur Adhäsion, wenn auch die Theile aus derselben Substanz bestehen. Das Aneinanderhaften zweier getrennter Körper mittelst einer gemeinschaftlichen Berührungsfläche, ohne dass einer oder beide Körper ihre Aggregatform ändern oder sich in ihrer ganzen Masse durchdringen, würde hiernach Adhäsion sein, Cohäsion aber die erfolgte Vereinigung zweier getrennter Körper durch ihre Anziehung, wobei entweder eine völlige Verschmelzung ihrer Theile zu einem gemeinsamen Ganzen erfolgt (Mischung) oder wenigstens Verwandlung der Aggregatform eines der Körper, wie beim Löthen oder Zusammenleimen, wodurch wieder ein gemeinsames Ganze herbeigeführt wird. Die Condensation von Gasen an der Oberfläche anderer Körper würde dann zur Adhäsion, die Absorption wohl richtiger zur Cohäsion zu rechnen sein, indem bei dieser eine völlige Vermischung beider Körper eintritt.

2. Die theoretischen Untersuchungen über Adhäsion und Cohäsion und über die damit auf das engste zusammenhängenden Erscheinungen der Capillarität, Diffusion und Absorption werden in den spätern Abschnitten vorzunehmen sein und ebenso muss rücksichtlich der sehr mannigfaltigen Experimentalbestimmungen auf die bezüglichen Abschnitte der Mechanik fester, flüssiger und luftförmiger Körper verwiesen werden. So ungleich sich aber auch in den verschiedenen Körpern die Adhäsions- und Cohäsionserscheinungen erweisen mögen und so wenig man im Stande ist, ein oberstes Gesetz für dieselben aufzustellen (weshalb sie eben in den besondern Abschnitten der Physik zu behandeln sind), so betrachten wir doch die Molekularkräfte als allgemein der Materie zukommend und wird daher wenigstens eine kurze Betrachtung darüber Platz finden dürfen, welche Meinungen über die Natur dieser Kräfte aufgestellt worden sind.

Bevor durch NEWTON dem Gesetze der Anziehung ein scharfer Ausdruck gegeben worden war, konnte eine Untersuchung über die Frage, ob die Anziehungserscheinungen derselben Kraft zuzuschreiben seien, nicht stattfinden. Die früheren Ansichten über die Natur der Cohäsion und Adhäsion sind daher durchaus unbestimmt. Noch HUYGHENS und JAC. BERNOULLI

sind der Ansicht, dass die Adhäsion und Cohäsion in dem Drucke der Luft oder eines ätherischen Mediums ihren Ursprung haben. NEWTON selbst kommt zu dem Schlusse, dass die Cohäsion auf eine Anziehung zurückgeführt werden müsse, welche nach einem höheren als dem quadratischen Verhältnisse mit der Entfernung abnähme; einen Versuch, den Grund dieser Funktion zu bestimmen, hat er nicht gemacht.

Nach NEWTON haben sich viele Gelehrte mit dieser Frage beschäftigt und zwar suchten Einige den Nachweis zu führen, dass unter gewissen Bedingungen, nämlich unter Annahme unendlich kleiner Körpertheile und Entfernungen derselben von einander, die im Verhältniss der Atomengrösse sehr bedeutend, im Verhältniss zu endlichen Entfernungen verschwindend klein seien, das NEWTON'sche Gravitationsgesetz auch zur Erklärung der Adhäsion und Cohäsion ausreiche. Als Vertreter dieser Ansicht sind zu nennen: J. T. MAYER, G. G. SCHMIDT, NOBILI, EMMET u. A. Die Beweise sind stets darauf gerichtet, dass unter den angegebenen Verhältnissen die Molekularanziehung in den unendlich kleinen Entfernungen grösser sein könne als in endlichen Entfernungen. Dies erklärt aber nicht, weshalb die Theilchen der festen Körper weit stärker an einander haften als sie von der Erde angezogen werden, d. h. es wird nicht erklärt, warum die Cohäsion gewöhnlich sehr viel grösser ist wie die Schwere. Um dies zu beweisen, müsste aus dem Gesetze der quadratischen Abnahme der Kraft folgen, dass die Summe der Anziehungen der Theilchen eines Körpers auf eines dieser Theilchen grösser sei als die Anziehung der Erde auf dieses Theilchen, und dieser Beweis kann nicht geführt werden.

Andere verfolgten die von NEWTON angedeutete Idee, dass die Molekularanziehung nach einer höhern Potenz als die Gravitation abnehme und suchten die Beschaffenheit der Funktion näher zu bestimmen (KEIL, MAUPERTUIS, SIGORGNE, PARROT, BELLI, MOLLWEIDE, FRIES u. v. A.). Der Beweis richtet sich hierbei stets darauf, zu zeigen, dass in unmessbar kleinen Entfernungen die nach höheren als der 2. Potenz abnehmende Anziehung eine grössere Kraft darstelle als die Gravitation und dieser Theil des Beweises ist sehr einfach. Setzt man z. B., wie KEIL vorschlägt, die Anziehungskräfte eines materiellen Theilchens $= \frac{g}{d^2} + \frac{m}{d^n}$, wo g und m Constante, bezüglich für die Grösse der Gravitations- und der Molekularanziehung in der Einheit der Entfernung, d die Entfernungen bedeuten und n eine Zahl über 2 ist, so ist bei sehr grossem, die Grösse des Theilchenhalbmessers übertreffendem d das erste Glied weit grösser als das zweite, es wirkt also die Gravitation, bei sehr kleinem d ist es umgekehrt, es wirkt die Molekularanziehung. Dann müsste aber auch ein der Erde sehr nahe befindlicher Körper weit stärker von dieser angezogen werden als in etwas grösserer Entfernung, und überhaupt führt der Beweis nur darauf, dass unter Annahme eines solchen Gesetzes die Molekularanziehung in der Nähe die Gravitationsanziehung übertreffen könne, aber nicht dahin, dass sie in geringer Entfernung verschwinde. Für Körper von endlicher Ausdehnung bleibt der von der Molekularanziehung herrührende Theil der Wirkung immer von endlicher Grösse, wenn er auch gegen die Gravitation sehr klein werden kann. Nun hat aber LAPLACE nachgewiesen, dass die Grösse des Exponenten 2 in dem Gravitationsgesetze nicht um $\frac{1}{10000}$ abweichen könne, weil eine solche Abweichung sofort durch die astronomischen Beobachtungen erkannt werden würde *. Es kann also weder das quadratische Gesetz für sich, noch ein nach höhern Potenzen der Entfernung construirtes Molekulargesetz neben der Gravitation die Erscheinungen der Cohäsion und Adhäsion erklären.

Wenn es nicht gelang, das Molekulargesetz durch Rechnung festzustellen, so konnte der Weg eingeschlagen werden, die Bedingungen, unter welchen die Anziehungen in sehr kleinen Entfernungen stattfinden, genau zu ermitteln und daraus das Gesetz der Anziehung empirisch abzuleiten, wie die Natur der Gravitation aus den planetarischen Bewegungen gefunden wurde. Die Cohäsion so wenig wie die Adhäsion liess sich zu diesem Zwecke verwerthen, weil die Abmessung der Entfernungen der einander anziehenden Theile nicht bestimmt werden kann. NEWTON hatte aber schon darauf hingewiesen, dass das Ansteigen von Flüssigkeiten in engen

* *Expos. du syst. du monde*, p. 250.

Röhren (Capillarröhren) mit der Molekularanziehung zusammenhänge, und da in dieser Erscheinung die Anziehung unter verschiedenen Umständen (z. B. grösserer Entfernung der anziehenden Röhrenwandungen, verschiedener Beschaffenheit der Flüssigkeit und der Röhrenmasse u. s. w.) beobachtet werden kann, so war es denkbar, hierdurch einen Aufschluss über das Gesetz der Molekularanziehung zu erhalten. Auch mit diesem Theile des Problems haben sich viele Gelehrte beschäftigt, u. A. Jurin, Clairaut, vor Allen aber Laplace, welcher die Phänomene der Capillarattraktion und Depression vollständig unter der Annahme erklärte, dass die Körpertheilchen Anziehungskräfte besässen, die nur in unmessbar kleinen Entfernungen wahrnehmbar seien. Die Funktion dieser Anziehung lässt aber auch Laplace unbestimmt, sondern sagt nur, dass er dieselbe nach dem Exponentialausdrucke e^{-if} denke wo i eine sehr grosse Zahl und f den Abstand der Theilchen bedeutet *.

Auch in diesen Untersuchungen liegt also keine Lösung des Problems, es bleibt vielmehr übrig, ein Gesetz zu finden, welches neben dem Gravitationsgesetz für die Molekularanziehungen bestehen bleibt und zunächst von der Beschaffenheit ist, dass diese Anziehungen in merkbaren Entfernungen unmerklich werden.

In Erscheinungen, die auf ein wechselndes Uebergewicht einer Anziehung und Abstossung hindeuten, von denen Beispiele oben angeführt wurden; in den Erfahrungen ferner, die wir bei den Aggregatveränderungen machen, wo nicht die Anziehung oder die Abstossung ein unbegränztes Uebergewicht erhält, sondern sich beide bis zu einem bestimmten Grade begränzen; endlich in den Beobachtungen, dass unter gewissen besondern Bedingungen die Körpertheile nach Aussen in merklichen Entfernungen wirkende anziehende und abstossende Wirkungen zeigen können (elektrische, magnetische Kräfte); — in diesen Umständen liegt die Nöthigung, einem Gesetze, welches die gegenseitigen Einwirkungen der Körper allgemein darstellen soll, eine Form zu geben, dass unter verschiedenen Bedingungen die Erscheinungen der Annäherung oder der Entfernung, der Anziehung oder der Abstossung hervortreten können.

Den Ausdruck für ein solches allgemeines Gesetz kennen wir aber bisher nicht, wenn es auch nicht an Versuchen gefehlt hat, denselben zu construiren (Boscovich, Buys-Ballot, Mädler). Die mathematische Form für solches Gesetz würde z. B. die einer Reihe mit wachsenden reciproken Werthen der Theilchenabstände d und mit wechselnden Vorzeichen sein können, etwa

$$\frac{A}{d^2} \pm \frac{B}{d^3} \pm \frac{C}{d^4} \pm \ldots\ldots\ldots\ldots$$

so dass nach der Grösse der Abstände und nach dem Vorzeichen der Glieder bald überwiegende Anziehungen, bald Abstossungen eintreten müssten. Wenn es nun auch gewiss ist, dass sich die Werthe der Constanten und die Vorzeichen einer solchen Reihe immer so bestimmen lassen würden, um einen richtigen Ausdruck für eine specielle Erscheinung zu geben, so bleibt doch die ganze Aufstellung einer solchen Reihe durchaus willkührlich, wenn nicht ein allgemeines Princip nachgewiesen werden kann, nach welchem die Grösse der Constanten und der Grund des Vorzeichenwechsels zu verstehen ist.

Zur Erklärung der Zeichenwechsel werden am häufigsten repulsive Kräfte angenommen und ist es namentlich die (übrigens wieder sehr verschieden gedachte) Wärme, welcher die Rolle der Abstossungskraft zuertheilt wird (Laplace, Biot, Emmet, Avogrado u. v. Neuere). Sonst sind auch die polaren Erscheinungen der Elektricität und des Magnetismus zu Hülfe genommen worden, um durch die Annahme von polar entgegengesetzten ursprünglichen Kräften in den Körperatomen die Molekularanziehungen und Abstossungen zu erklären (Henley, Hube, v. Arnim, Ritter, Schweigger u. A.). Durch die Annahme besonderer Repulsivkräfte der Wärme, sowie polarer elektrischer Kräfte neben der allgemeinen Anziehung wird es, da eine grössere Zahl von Faktoren in die für die Kraft aufzustellende Gleichung eingeführt ist, natürlich um so mehr erleichtert, die Beobachtungen durch dieselbe auszudrücken. Befriedigend

* Dass Laplace die Anwendbarkeit des Gravitationsgesetzes für die Molekularanziehungen zugegeben haben soll, wie Muncke in Gehl. n. W. II, 118* angiebt, habe ich nicht finden können. Schon Brünnow macht in der Schrift De attractione moleculari, S. 16* darauf aufmerksam, dass hier ein Irrthum sein müsse, zumal die Ausführungen Laplace's über die Capillarität und das Gravitationsgesetz gerade das Gegentheil beweisen.

sind aber diese Annahmen nicht, da sie eine Reihe von Axiomen für die Beschaffenheit der Materie hinstellen, ohne eine andere Begründung für dieselben, als dass ein umfassenderes Princip zur Erklärung der Thatsachen nicht gefunden sei.

Neuerdings ist von FECHNER eine Hypothese vorgetragen, welche diesen Mangel in den Grundbegriffen der Molekularphysik beseitigen soll, indem, von einem Grundprincipe der Beharrung und der Anziehung ausgehend, eine der oben aufgestellten Reihe analoge Form der Anziehungen und Abstossungen construirt, und gezeigt wird, dass viele Erscheinungen, wie die der Elasticität, der Krystallisation, der chemischen Affinität, der Aggregatform, sich im Allgemeinen mit diesem Principe vereinigen lassen.

In der Literaturübersicht am Schlusse dieses Kapitels sind, obwohl hier auf die einzelnen Phänomene der Molekularanziehungen nicht eingegangen werden kann, doch zur historischen Uebersicht über die Untersuchungen in diesem Gebiete die mir bekannt gewordenen Arbeiten aufgeführt worden.

§. 231.

h. Chemische Anziehungskraft (Verwandtschaft, Affinität).

1. Von den Molekularkräften der Materie, welche die Cohäsion und Adhäsion bedingen, unterscheiden wir noch gewisse, ebenfalls in unmessbar kleinen Entfernungen von den materiellen Theilen, hervortretende Anziehungswirkungen derselben, durch welche Substanzen verschiedener Beschaffenheit sich zu einem neuen, in sich gleichartigen, im Allgemeinen von den ihn zusammensetzenden Substanzen verschiedenen Körper vereinigen. So vereinigt sich z. B. Schwefel und Quecksilber zu Zinnober, Kohle und Schwefel zu Schwefelkohlenstoff, Kohle und Sauerstoff zu Kohlensäure u. s. w. Als die Ursache der Bildung eines neuen Körpers durch die innige und gleichmässige Vereinigung der verschiedenen Bestandtheile in den kleinsten, unserer sinnlichen Wahrnehmung sich entziehenden Theilchen bezeichnen wir die chemische Anziehungskraft (chemische Verwandtschaft, Affinität); die Vereinigung selbst heisst eine chemische Verbindung.

In den meisten Fällen macht es keine Schwierigkeit, die Erscheinungen der chemischen Anziehung von den vorher besprochenen Erscheinungen der Anziehung in unmerklichen Entfernungen, der Cohäsion und Adhäsion, zu unterscheiden. Die Cohäsion verbindet materielle Theilchen zu einem zusammenhängenden Körper, wobei wir nicht weiter fragen, ob die einzelnen Theile unter sich gleichartig seien oder nicht, ob wir eine etwa vorhandene Verschiedenheit der Theilchen zu erkennen vermögen oder nicht. In einer Metallplatte z. B. von gleichmässiger Beschaffenheit des Metalles sind die Theilchen durch Cohäsion an einander gefesselt, aber ebenso nennen wir eine Sandsteinplatte cohärent, in welcher Quarzkörnchen durch ein anderes Bindemittel, etwa Kalk, deutlich erkennbar mit einander verkittet sein können. Die Adhäsion lässt vollends deutlich die Verschiedenheit der Körper zu beiden Seiten der gemeinsamen Berührungsfläche ungeändert. Cohäsion oder Adhäsion lässt sich endlich zwischen je zwei beliebigen Substanzen nachweisen, die Beschaffenheit der Materie hat nur Einfluss auf die Stärke dieser Anziehungskräfte. Die chemische Anziehung dagegen bewirkt, dass die Eigenschaften der Körper, die sich zu einem neuen vereinigen, sich mit einander völlig ausgleichen, was häufig mit einer Veränderung aller besondern Eigenschaften und der Aggregatform verbunden ist. Ferner

zeigt zwar jede Substanz chemische Anziehung, aber nicht gegen jede andere Substanz, sondern einige können nur mit wenigen, andere mit vielen andern Substanzen einen neuen homogenen Körper bilden, weshalb man die chemische Anziehung auch eine auswählende Anziehung (attractio electiva) genannt hat.

Es giebt aber auch zahlreiche Fälle, in denen die chemische Anziehung von der Cohäsion und Adhäsion schwer zu unterscheiden ist. Ein mechanisches Gemenge zweier verschiedener Substanzen kann von so feinen Partikelchen gedacht werden, dass es ausserhalb der Gränzen unserer Beobachtung fallen würde, die einzelnen heterogenen Bestandtheile neben einander zu erkennen. Dies gilt namentlich für die flüssige und luftförmige Aggregatform, bei denen öfters eine so innige Mengung eintreten kann, dass eine Ungleichartigkeit in der Mischung nicht zu bemerken ist. Alkohol und Wasser lassen sich z. B. in beliebigen Verhältnissen mengen, und in ähnlicher Weise viele Vermischungen zweier geschmolzener Metalle (Legirungen) herstellen, endlich viele feste Körper, wie z. B. Salze, in Wasser in mannigfaltigen Mengen lösen, ohne dass in der Mischung oder Lösung die einzelnen Substanzen zu erkennen sind. Die Beurtheilung, ob in solchen Fällen eine chemische Anziehung oder die Anziehung der Cohäsion besteht, wird dann von andern die Bildung des neuen Körpers begleitenden Erscheinungen abhängig gemacht, namentlich von der, wie wir gleich sehen werden, bei allen deutlichen chemischen Vereinigungen beobachteten Thatsache, dass Verbindungen in bestimmten Mengenverhältnissen sich durch bestimmte Erscheinungen bei ihrer Bildung oder durch charakteristische Merkmale auszeichnen. Wo dieser Anhalt fehlt, ist die Frage, ob in der Mischung, Legirung oder Lösung eine chemische Verbindung vorliegt, unentschieden.

Die Natur der chemischen Anziehungskraft wird man einstweilen um so mehr verschieden von der allgemeinen Anziehung anzusehen haben, als schon für die Cohäsion und Adhäsion eine Uebereinstimmung mit dieser nicht nachweisbar war und für die chemische Anziehung, ausser dem Umstande, dass sie nur in unmerklichen Entfernungen merklich ist, noch die wesentliche Verschiedenheit hinzukommt, dass die Stärke derselben nicht im Verhältniss zur Masse steht, sondern für jede Substanz verschiedener Beschaffenheit einen verschiedenen Werth hat. Die Versuche, die chemische Anziehung auf die allgemeine Gravitation zurückzuführen (T. Bergmann, Berthollet u. A.), wie die Ansicht, dass die Affinität mit einer andern Kraft, etwa der Elektricität, identisch sein könne (Davy, Berzelius, de la Rive, Faraday u. A.), müssen als bisher unbefriedigend aufgegeben werden. Es bleibt nur übrig, die Erscheinungen, welche durch die Affinität hervorgerufen werden, zu beobachten und die Gesetze für die chemische Vereinigung der verschiedenen Körper empirisch zu bestimmen, worüber uns die Chemie belehrt. In Beziehung auf die Einzelheiten dieser Untersuchungen muss auf die Lehrbücher der Chemie verwiesen werden, zumal die Auffassungen über die chemische Constitution der Körper noch in vielen wesentlichen Punkten weit auseinander gehen. Da indessen theils bei zahlreichen physikalischen Erscheinungen die chemische Beschaffenheit der Körper von Einfluss ist, theils die weiter unten zu erörternden physikalischen Theorien über die Beschaffenheit der Materie überhaupt und über die in ihr thätigen Kräfte nicht mit den feststehenden

Erfahrungen der Chemie im Widerspruche stehen dürfen, so folgt hier eine Darstellung der wichtigsten Resultate der Chemie.

2. Diese zeigt zunächst, dass die meisten Körper sich in mehrere Theile von verschiedener Beschaffenheit zerlegen lassen, sowie dass aus denselben wieder vereinigten Theilen der ursprüngliche Körper wieder herzustellen ist: durch chemische Zersetzung sind die meisten Körper in von einander verschiedene Bestandtheile zu zerlegen, in den chemischen Verbindungen sind verschiedene Bestandtheile wieder zu einem gleichartigen Körper vereinigt. Trotz der grossen Mannigfaltigkeit der Körper führen alle chemischen Zersetzungen auf eine kleine Zahl (jetzt 63 bis 65) von Substanzen zurück, die wohl mechanisch theilbar sind, wie jede Materie, die aber bisher nicht mehr in Theile ungleichartiger Beschaffenheit zerlegt werden können. Diese Substanzen heissen die chemischen Grundstoffe oder Elemente. Die bisher aufgefundenen Elemente sind in der Tabelle weiter unten (am Schluss des §.) zusammengestellt.

Aus den Grundstoffen können die zusammengesetzten Körper in sehr verschiedener Form der Verbindungen gebildet werden. Je zwei Elemente, die sich vereinigen, bilden die einfachste Form: die Verbindungen erster Ordnung, welche zugleich die stärkste chemische Anziehung besitzen. Dahin gehören z. B. die Metalloxyde, die unorganischen Säuren, die Chlormetalle, Schwefelmetalle, das Wasser u. s. w. Alle Elemente können mit mehreren anderen solche Verbindungen erster Ordnung eingehen, aber es ist bisher nicht gelungen, die Verbindungen jedes Elementes mit jedem anderen herzustellen.

Die Verbindungen erster Ordnung können sich dann wieder entweder unter einander oder (seltener) mit Elementen zu mehr zusammengesetzten Körpern, den Verbindungen zweiter Ordnung, vereinigen, z. B. verbindet sich die Schwefelsäure, d. h. die Verbindung erster Ordnung von Schwefel und Sauerstoff, mit Kupferoxyd, d. h. der Verbindung erster Ordnung von Kupfer und Sauerstoff, zu dem Kupfervitriol. Weiter können sich die Verbindungen zweiter Ordnung abermals unter einander oder mit niederen Verbindungsstufen zu Verbindungen dritter Ordnung vereinigen. Die chemische Anziehung wird aber um so geringer, je zusammengesetzter die Körper sind, und es hört daher bei den Verbindungen höherer Ordnungen das Bestreben, sich mit andern Körpern zu verbinden, auf.

3. Nicht minder mannigfaltig sind die Bedingungen, unter denen die chemische Vereinigung der verschiedenen Körper vor sich geht, worüber indessen keine allgemeinen Gesetze bestehen, ja wobei sogar die Bedeutung vieler Processe, welche die Entstehung von Verbindungen begünstigen, noch unbekannt ist. Die wichtigsten Fälle sind die folgenden.

Zuerst ist eine möglichst grosse Annäherung der Theile beider zu verbindender Körper erforderlich. Da eine solche Annäherung durch die flüssige oder luftförmige Aggregatform, wenigstens des einen der beiden Körper, vorzüglich erreicht wird, so ist diese Aggregatform besonders förderlich, chemische Verbindungen einzuleiten *, doch kennen wir auch Fälle, wo eine innige mechanische

* Corpora non agunt nisi fluida seu soluta sagt eine alte chemische Regel, die richtig ist, wenn man darunter

Mengung fein vertheilter fester Körper eine chemische Verbindung zu Wege bringt, z. B. beim Zusammenreiben von Schwefel und Kupfer. Für die Sinneswahrnehmung scheint in diesen Fällen eine Berührung der Körpertheilchen einzutreten und wir sagen daher auch, dass die chemischen Verbindungen nur bei der Berührung der Körper mit einander eintreten. Nach atomistischer Vorstellung erfolgt keine unmittelbare Berührung der Atome, sondern nur eine so grosse Annäherung derselben, dass die Entfernungen für uns unmessbar sind. Die chemische Affinität wirkt also nur in unmessbar kleinen Entfernungen.

Zur wirklichen Vereinigung ist aber ausser der möglichst grossen Nähe der Theilchen auch zweitens noch eine Erhöhung der Temperatur in sehr vielen Fällen erforderlich. Kohle und Sauerstoff vereinigen sich z. B. nicht bei gewöhnlicher Temperatur, obwohl das Gas den Kohlentheilchen möglichst nahe treten kann, sondern es bedarf zur Bildung der Verbindung einer bis zur Glühhitze gesteigerten Wärme.

Ferner wird häufig durch bewegte Elektricität eine chemische Verbindung hergestellt, z. B. die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf, wobei die durch die Elektricität erregte Wärme wesentlich mitzuwirken scheint.

Die Bestrahlung vermischter, aber sich nicht chemisch vereinigender Gase durch das Licht leitet zuweilen die chemische Verbindung ein, so entsteht z. B. aus dem Gemenge von Chlor und Wasserstoff unter der Einwirkung des Lichtes salzsaures Gas.

Zwei Substanzen, die sich unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht chemisch verbinden, gehen häufig in eine solche Verbindung ein, sobald die eine derselben oder auch beide so eben aus der Zerlegung von andern Körpern hervorgehen, so verbindet sich z. B. der in der galvanischen Kette durch die Zersetzung des Wassers gebildete Sauerstoff sogleich mit dem Zink zu Zinkoxyd, eine Verbindung, die sonst nur bei höherer Temperatur eintritt. Man drückt dies so aus, dass die Körper im Entstehungsmomente (in statu nascenti) geeigneter würden, sich chemisch zu vereinigen.

Für einige Substanzen zeigt sich unter gewissen Bedingungen eine erhöhte Befähigung, Verbindungen mit andern Körpern einzugehen, ohne dass in der chemischen Beschaffenheit der Substanz eine Aenderung bemerkt werden kann. Namentlich tritt dies beim Sauerstoff hervor, der durch Bestrahlung im Sonnenlichte, ferner bei der Entwickelung aus vielen chemischen Verbindungen, nach der Absorption durch manche Körper, wie z. B. Terpentin und Petroleum, u. s. w. zum Eingehen neuer Verbindung besonders befähigt wird (Ozon und Antozon).

Oft ist die Anwesenheit eines dritten Körpers die Veranlassung, dass zwei andere sich chemisch verbinden, die ohne jenen keine Verbindung eingegangen sein würden und wobei jener dritte Körper unverändert bleibt. So entzünden sich z. B. Wasserstoff und Sauerstoff, sobald sie auf ganz reines Platinblech geleitet werden (Contaktwirkung, katalytische Wirkung).

---

versteht, dass wenigstens einer der Körper die Eigenschaft besitzen muss, bei der Berührung mit dem andern in der gegebenen oder durch Druck (Reiben) erhöhten Temperatur flüssig zu werden (s. viele Beispiele in C. T. B. Karsten, Philosophie d. Chemie, S. 57 ff.)

4. Von besonderer Wichtigkeit für die Charakterisirung einer chemischen Verbindung im Gegensatze zu einer mechanischen Vereinigung (Cohäsion, Adhäsion, Absorption, Mischung und Lösung) ist die Thatsache, dass je zwei Substanzen sich stets in denselben bestimmten Mengenverhältnissen zu einem neuen Körper vereinigen. Ein wichtiger Theil der Chemie, die von RICHTER begründete, dann vorzüglich von BERZELIUS ausgebildete Stöchiometrie, beschäftigt sich mit der Feststellung der relativen Mengen der verschiedenen Substanzen, der sogenannten Atomgewichte, auch Mischungsgewichte, chemischen Aequivalente, stöchiometrischen Verhältnisse, welche die chemischen Verbindungen enthalten.

Die Hauptgesetze, welche zur Ermittelung dieser Verhältnisse führen, sind folgende:

a. Dieselben zwei Körper können sich entweder nur in einem einzigen Verhältnisse chemisch verbinden, oder es giebt mehrere charakteristisch verschiedene Verbindungen der beiden Körper, in welchem letztern Falle dann aber die in den verschiedenen Verbindungen enthaltenen Substanzmengen in einfachen Zahlenverhältnissen zu einander stehen. 1 Gewichtstheil Wasserstoffgas verbindet sich z. B. mit 35,5 Gewichtstheilen Chlor zu salzsaurem Gase, ein Ueberschuss von einem oder dem andern Gase bleibt unverbunden. Kupfer kann sich in zweierlei Weise mit dem Sauerstoff verbinden; in der einen dieser Verbindungen, dem schwarzen Kupferoxyde, sind 8 Gewichtstheile Sauerstoff mit 31,7 Gewichtstheilen Kupfer, in der andern, dem rothen Kupferoxydule, 8 Theile Sauerstoff mit 63,4 Theilen Kupfer verbunden; die Kupfermengen in diesen beiden Verbindungen, welche mit der gleichen Menge Sauerstoff sich vereinigt haben, zeigen also das einfache Verhältniss von 1 zu 2, in keinem andern Verhältnisse zeigt Kupfer mit Sauerstoff vereinigt sich als ein gleichartiger Körper, so würde z. B. bei einem grösseren Kupfergehalt von 31,7 und kleineren wie 63,4 bei 8 Theilen Sauerstoff der Körper ein mechanisches Gemenge von schwarzem Kupferoxyde und rothem Kupferoxydule sein. Stickstoff verbindet sich in 5 verschiedenen Stufen mit dem Sauerstoff; es entsteht nämlich aus 14 Gewichtstheilen Stickstoff

mit 8	Theilen Sauerstoff:	Stickstoffoxydul,
„ 16	„ „	Stickstoffoxyd,
„ 24	„ „	salpetrige Säure,
„ 32	„ „	Untersalpetersäure,
„ 40	„ „	Salpetersäure,

sämmtliches Substanzen von unter einander charakteristisch verschiedenen Eigenschaften, wo also wiederum die Mischungsverhältnisse in den verschiedenen Verbindungen einfache Zahlenverhältnisse zeigen. Bei den verschiedenen Substanzen können mehr oder weniger lange Reihen solcher in einfachen Zahlenverhältnissen stehenden Verbindungen vorkommen; diese Zahlenverhältnisse selbst beschränken sich, so weit bisher bekannt ist, auf solche Werthe, dass die Substanz A entweder mit $1\,B$ oder $1\frac{1}{3}\,B$ oder $1\frac{1}{2}\,B$, $2\,B$, $2\frac{1}{2}\,B$, $3\ldots$ bis $n\,B$ (wo n eine ganze Zahl ist) verbunden sein kann.

b. Für verschiedene Körper lässt sich aus dem Verhältnisse, in welchem

zwei derselben mit einem dritten sich verbinden, ein Schluss darauf machen, in welchem Verhältnisse sie sich unter einander verbinden würden. Gesetzt der Körper *A* verbände sich mit den Körpern *B* und *C* in den Verhältnissen $1\,A : n\,B$ und $1\,A$ zu $m\,C$, so würden die Körper *B* und *C* sich entweder in den Verhältnissen $n : m$ verbinden oder diese Verhältnisszahlen müssten entweder beide oder eine derselben mit einer der Zahlen der angeführten Reihe 1, $1\frac{1}{3}$, $1\frac{1}{2}$ u. s. w. multiplicirt werden.

Beispielsweise verbinden sich 16 Theile Schwefel mit

100	Theilen	Quecksilber zu Zinnober,
103	„	Blei zu Schwefelblei,
1	„	Wasserstoff zu Schwefelwasserstoff,
3	„	Kohlenstoff zu Schwefelkohlenstoff,
14	„	Eisen zu Schwefeleisen,
24	„	Sauerstoff zu Schwefelsäure.

Hieraus würde man für die Verbindungsverhältnisse des Sauerstoffs mit den übrigen Substanzen zu folgern haben, dass sich 24 Theile Sauerstoff mit 100 Quecksilber, 103 Blei u. s. w. verbinden müssten oder dass diese Zahlen mit 1, $1\frac{1}{3}$, $1\frac{1}{2}$ u. s. w. zu multipliciren sind, um die Verbindungsverhältnisse zu erhalten. Nun sind 24 Theile Sauerstoff verbunden mit

3×100	Quecksilber zu Quecksilberoxyd,
3×103	Blei zu Bleioxyd,
3×1	Wasserstoff zu Wasser,
2×3	Kohlenstoff zu Kohlenoxyd,
3×3	Kohlenstoff zu Kohlensäure,
6×14	Eisen zu Eisenoxydul,
4×14	Eisen zu Eisenoxyd,

und 2×24 Sauerstoff bilden mit 9×14 Eisen das Eisenoxydoxydul.

Es ergiebt sich also aus diesen Gesetzen, dass für jedes chemische Element ein bestimmtes Gewichtsverhältniss, eben das sogenannte Mischungsgewicht, Atomgewicht, Aequivalentgewicht, angegeben werden kann, nach welchem es sich mit den übrigen Elementen verbindet. Es ist willkürlich, auf welches Element man diese Gewichtsverhältnisse bezieht, und sind jetzt zwei Vergleichungen üblich. Bei der einen wird das Verhältnissgewicht des Wasserstoffgases zur Einheit gewählt (Dalton), bei der zweiten das des Sauerstoffgases zum Ausgangspunkte genommen und $= 100$ gesetzt (Berzelius). In der unten gegebenen Tabelle sind die Atomgewichte nach beiden Vergleichungen aufgeführt. Bei vielen Körpern, die mit einem andern, z. B. dem Sauerstoffe, in mehreren verschiedenen Verbindungen vorkommen, kann es zweifelhaft werden, welche Verbindung als diejenige betrachtet werden soll, aus der das Mischungsgewicht des Körpers zu entnehmen ist (wo dann die andern Verbindungen mit einer Zahl aus der mehrerwähnten Zahlenreihe zu multipliciren sein würden). Hier werden von der Chemie verschiedene Kennzeichen benutzt, um die Wahl auf eine bestimmte dieser mehrfachen Verbindungen zu leiten. Dahin gehört die Vergleichung mit andern Körpern, welche die meiste Aehnlichkeit mit dem zu untersuchenden haben, aber nur in einer Verbindung bekannt sind; die überein-

stimmende Krystallform der Verbindungen verschiedener Körper; die Vergleichung der Wärme, welche erforderlich ist, die verschiedenen Körper um gleich viel zu erwärmen (Dulong's und Petit's Gesetz) u. A. m. Dennoch besteht bei einigen Elementen eine Unsicherheit über die Aequivalentzahlen, welche sich nach verschiedenen Annahmen durch einen Faktor der erwähnten Zahlenreihe unterscheiden.

Die in den chemischen Verbindungen enthaltenen Substanzen werden abgekürzt durch Buchstaben, die von den lateinischen Namen der Stoffe entnommen sind, bezeichnet. Die chemischen Elemente sind also durch die einfachsten Buchstabenzeichen ausgedrückt, z. B. bedeutet S Schwefel (sulphur), Cu Kupfer (cuprum) u. s. w. Bei den zusammengesetzten Körpern werden die Zeichen für die Bestandtheile zusammengestellt, wobei verschiedene Methoden angewendet werden, um sogleich zu bezeichnen, wie viele Aequivalente sich miteinander verbunden haben, so heisst z. B. CO so viel als ein Aequivalent Kohlenstoff (carbo) verbunden mit einem Aequivalent Sauerstoff (oxygenium), d. h. Kohlenoxyd. CO_2 bedeutet, dass sich 2 Aequivalente Sauerstoff mit einem Aequivalente Kohlenstoff verbunden haben, wodurch Kohlensäure entstanden ist. Die Aequivalentzahlen der Verbindungen sind, da die Materie unveränderlich ist, die Summe der Aequivalente der einzelnen Bestandtheile. Wird also das Aequivalent Sauerstoff mit 8 und das des Kohlenstoffs mit 6 bezeichnet (gegen Wasserstoff $= 1$, siehe die Tabelle), so ist $6 + 8 = 14$ das Aequivalent des Kohlenoxyds, $6 + 2 \cdot 8 = 22$ das Aequivalent der Kohlensäure. Bei den Verbindungen höherer Ordnungen werden die dieselben bildenden Bestandtheile der niederen Ordnungen einzeln angegeben und durch $+$Zeichen verbunden; so bedeutet z. B. $SO_3 + NaO$ eine Verbindung der Schwefelsäure (1 Aequivalent Schwefel und 3 Aequivalente Sauerstoff) mit Natron (1 Aequivalent Natrium und 1 Aequivalent Sauerstoff), d. h. schwefelsaures Natron. Das Aequivalentgewicht dieser Verbindung würde dann sein $(16 + 3 \cdot 8) + (23 + 8) = 71$.

Die Aequivalentzahlen drücken aus, wie viel Gewichtstheile einer Substanz erforderlich sind, um eine andere in der Verbindung mit einer dritten ersetzen zu können. Sieht man also z. B. in der Tabelle, dass die Aequivalente von Kalium, Natrium und Sauerstoff beziehlich 39, 23 und 8 sind, so würden, wenn im Natron das Natrium durch das Kalium ersetzt werden sollte, hierzu für jede 23 Gewichtstheile Natrium 39 Gewichtstheile Kalium bei gleichbleibender Menge 8 Sauerstoff erfordert werden.

Atomgewicht, Mischungsgewicht, Aequivalent (auch Aequivalentgewicht) sind im Vorigen als gleichbedeutend gebraucht worden, dies ist jedoch nicht unter allen Umständen der Fall. Die Gleichwerthigkeit (Aequivalenz) oder das Aequivalentgewicht einer Substanz ist bei der Verbindung mit verschiedenen Körpern insofern zuweilen verschieden, als einmal die Substanz mit ihrem einfachen Mischungsgewicht oder Atomgewicht, ein anderes Mal mit einem Vielfachen desselben die Verbindung eingeht, was man dann so auffassen kann, als ob mehrere Atome sich vereinigen müssen, um als zusammengesetztes Atom oder Molekul zu dem Atome der zweiten Substanz zu treten. Es hängt dies mit der Vorstellung zusammen, die man sich von der atomistischen Zusammensetzung

der gasförmigen Körper gebildet hat. Man nimmt nämlich an, dass die Atome der einfachen Gase und Dämpfe gleiche Abstände von einander haben, dass also gleiche Volumina derselben eine gleiche Anzahl Atome enthalten und mithin die Atomgewichte den Dichtigkeiten der einfachen Gase und Dämpfe proportional sind. Nun verbinden sich z. B. 2 Volumen Wasserstoff mit 1 Volumen Sauerstoff zu 2 Volumen Wassergas, mithin stehen, da das Gewicht des einen Volumen Sauerstoff 16 beträgt, wenn dasselbe Volumen Wasserstoff 1 wiegt, die Atomgewichte von Sauerstoff und Wasserstoff im Verhältniss 16 : 1.

In dem salzsauren Gase sind gleiche Volumen Chlor und Wasserstoff enthalten und ihre verhältnissmässigen Gewichte sind 35,5 : 1 und in demselben Verhältnisse können sich Chlor und Wasserstoff in organischen Verbindungen ersetzen. In dem Wasser kann das Sauerstoffgas durch Chlor ersetzt werden, wobei für 8 Gewichtstheile Sauerstoff 35,5 Theile Chlor verwendet werden.

Die Aequivalente von Sauerstoff, Wasserstoff und Chlor verhalten sich also wie 8 : 1 : 35,5. Da aber Chlor und Wasserstoff sich in gleichen Volumen, also mit gleicher Atomzahl verbinden, für jedes derselben also Atomgewicht und Aequivalentgewicht dasselbe ist, da ferner das Atomgewicht des Wasserstoffs zu dem des Sauerstoffs = 1 : 16 ist, so müssen die Atomgewichte von Sauerstoff, Wasserstoff und Chlor sich wie 16 : 1 : 35,5 verhalten. Wasserstoff und Chlor sind also zwei Elemente, die mit gepaarten Atomen, deren je 2 zusammen ein äquivalentes Molekul bilden, in die Verbindung eintreten, was man in dem chemischen Zeichen so ausdrückt, dass *H* und *Cl*, die Bezeichnungen für Wasserstoff und Chlor, mittelst Durchstreichung der Buchstaben, wie: ~~H~~ ~~Cl~~, oder durch Indices, wie H_2 Cl_2, als verdoppelte Atome kenntlich gemacht werden.

2 Wasserstoff- oder Chloratome haben also denselben Werth in einer Verbindung wie 1 Sauerstoffatom, dies bezeichnet man auch mit dem Ausdrucke: Aequivalentigkeit oder Werthigkeit des Atoms und nennt Wasserstoff, Chlor u. s. f. einäquivalentig, Sauerstoff, Schwefel u. s. w. zweiäquivalentig, dann weiter Stickstoff, Phosphor, Arsenik dreiäquivalentig, Kohlenstoff vieräquivalentig. Die Werthigkeit kann auch als ein Maass für die Grösse der chemischen Anziehungskraft aufgefasst werden. Ein Atom Sauerstoff fesselt 2 Atome Wasserstoff und wird durch diese in der innigen Verbindung des Wassers wiederum gefesselt. Kohlenstoff hat eine 4 Mal so grosse Anziehungskraft in seinem Atom wie Wasserstoff oder Chlor und eine doppelt so grosse wie Sauerstoff oder Schwefel. Die einander gleichen Anziehungskräfte zweier Substanzen in einer Verbindung würden die grösste Stärke derselben bedingen, wo die Anziehung der einen Substanz grösser ist, würde dieselbe noch mehr von der zweiten aufnehmen können, z. B. ist im Kohlenoxyd CO die Anziehung des Kohlenstoffs $= 4$ und beschäftigt durch die Anziehung des Sauerstoffs $O = 2$, es kann also noch einmal O hinzutreten und ist der Körper CO_2 oder Kohlensäure die innigere Verbindung.

In neuerer Zeit sind die Mischungsverhältnisse der Substanzen noch unter einem andern Gesichtspunkte aufgefasst worden, wodurch man zur Aufstellung des sogenannten M o l e k u l a r g e w i c h t e s gelangte, welches über eine Reihe von Vorgängen bei den chemischen Verbindungen Aufschluss giebt. Unter Molekular-

gewicht versteht man die relativ kleinsten Mengen der Körper, welche an chemischen Vorgängen Theil nehmen können. Ist das Atomgewicht des Wasserstoffs zu dem des Sauerstoffs = 1 : 16, so werden diese Zahlen in 2 : 32 verändert werden müssen, wenn H_2, wie aus der Zusammensetzung des Wassers gefolgert wird, die kleinste Wasserstoffmenge ist, welche Verbindungen eingehen kann, und wenn andererseits die Annahme festgehalten werden soll, dass gleich viele Atome (nunmehr gepaarte, zusammengesetzte Atome oder Molekule) der einfachen Gase in demselben Raume enthalten sind. Hiernach würde dann auch der Sauerstoff stets in paarweisen Atomen seine Verbindungen eingehend aufzufassen sein. Beispielsweise würden die 3 Begriffe Atomgewicht, Aequivalentgewicht, Molekulargewicht für die nachstehenden 4 Gase folgendermaassen in Zahlen und Zeichen auszudrücken sein:

	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Chlor.	Stickstoff.
Atomgewicht	$H = 1$	$O = 16$	$Cl = 35{,}5$	$N = 14$
Aequivalentgewicht	$H_2 = 1$	$O = 8$	$Cl_2 = 35{,}5$	$\frac{1}{3}N = \frac{14}{3}$
Molekulargewicht	$H_2 = 2$	$O_2 = 32$	$Cl_2 = 71$	$N_2 = 28$

Bei diesen Zahlen ist das Verhältniss der alten Atomgewichte unter einander und der Molekulargewichte unter einander dasselbe, weil die angeführten Substanzen solche sind, für welche geschlossen wird, dass sich in allen gleich viele ($2\,n$) Atome zu einem gepaarten Molekul vereinigen. Dies ist nicht für alle Körper, für welche ein Schluss über die verhältnissmässige Zusammensetzung der Molekule gemacht werden konnte, der Fall. Im Phosphor und Arsenik, darf man annehmen, sind doppelt so viele, im Quecksilber und Cadmium nur halb so viele Atome zu einem Molekule vereinigt, wie in jenen Substanzen, und würde daher beim Phosphor und Arsenik das Molekulargewicht 4 Mal grösser, beim Quecksilber und Cadmium ebenso gross sein wie das Atomgewicht, während es beim Sauerstoff u. s. w. dem doppelten Atomgewichte gleich zu setzen ist.

Bei allen diesen den chemischen Zusammensetzungen entnommenen Zahlen muss aber festgehalten werden, dass dieselben nur Verhältnisse ausdrücken, also die Molekulartheorie nicht etwa die Annahme macht, dass ein Sauerstoffmolekul aus 2 Atomen bestehen muss, sondern es können 2 n derselben enthalten sein. Das Molekul, das physikalisch kleinste Theilchen, wird den Forderungen der Chemie gemäss richtig construirt sein, wenn es die der chemischen Molekulartheorie entsprechende verhältnissmässige, übrigens beliebig gross zu wählende Zahl der einzelnen Atome enthält.

In ähnlicher Weise wie die relativen Gewichte der Atome, Aequivalente und Molekule hat man die Begriffe der relativen Volumina derselben Grössen aufgestellt. Es wird aber nicht erforderlich sein, dies näher auszuführen, da sich die Werthe leicht aus dem allgemeinen Ausdrucke für die Beziehungen zwischen Masse, Dichtigkeit und Volumen: $M = V.\ D.$ finden lassen.

Die nachstehende Tabelle enthält die Angaben der wahrscheinlichsten Aequivalentgewichte und der neueren Atomgewichte, ferner der Molekulargewichte der 12 elementaren Substanzen, die bisher im gasförmigen Zustande beobachtet werden konnten.

Namen des Elementes.	Aequivalentgewicht *.			Neueres Atomgewicht **.			Molekular-		Entdeckt oder dargestellt von
	Zeichen.	H = 1.	O = 100.	Zeichen.	Werthigkeit	Gewicht.	Zusammensetzung.	Gewicht.	
1. Aluminium	Al	13,6	170,4	Al	3	27,5	—	—	WÖHLER 1827
2. Antimon	Sb	120,3	1503,8	Sb	3	122	—	—	? 15. Jahrhundert
3. Arsen	As	75,0	937,5	As	3	75	4. As	300	alt bekannt
4. Barium	Ba	68,6	857,0	Ba	2	137	—	—	H. DAVY 1807
5. Beryllium	Be	7,0	87,5	Be	3	14	—	—	WÖHLER 1828
6. Blei	Pb	103,0	1294,0	Pb	2	207	—	—	alt bekannt
7. Bor	Bo	11,0	137,5	Bo	3	11	—	—	H. DAVY, GAY LUSSAC u. THÉNARD
8. Brom	Br	80,0	1000,0	Br	1	80	2 Br	160	BALARD 1826
9. Cadmium	Cd	56,0	700,0	Cd	2	112	Cd	112	STROMEYER 1817
10. Caesium	—	—	—	Cs	1	133	—	—	BUNSEN u. KIRCHHOFF 1860
11. Calcium	Ca	20,0	250,0	Ca	2	40	—	—	H. DAVY 1808
12. Cer	Ce	46,0	575,0	Ce	2	92	—	—	BERZELIUS u. HISINGER 1803, KLAPROTH
13. Chlor	Cl	35,5	443,75	Cl	1	35,5	2 Cl	71	SCHEELE 1774
14. Chrom	Cr	26,2	328,0	Cr	3	52,5	—	—	VANQUELIN 1797
15. Didym	Di	48,0	600,0	Di	2	96	—	—	MOSANDER 1839
16. Eisen	Fe	28,0	350,0	Fe	2	56	—	—	alt bekannt
17. Erbium	Er	56,0	700,0	E	2	112,6	—	—	MOSANDER 1843
18. Fluor	F	19,0	237,5	F	1	19	—	—	SCHWANKHARD 1670
19. Gold	Au	196,0	2450,0	Au	3	196,7	—	—	alt bekannt
20. Indium	In	—	—	In	1	36	—	—	REICH u. RICHTER
21. Jod	J	127,0	1587,5	I	1	127	2 I	254	COURTOIS 1811
22. Iridium	Ir	98,6	1232,0	Ir	4	198	—	—	TENNANT 1804
23. Kalium	K	39,0	487,5	K	1	39	—	—	H. DAVY 1807
24. Kobalt	Co	30,0	375,0	Co	2	58,8	—	—	BRANDT 1733
25. Kohlenstoff	C	6,0	75,0	C	4	12	—	—	alt bekannt
26. Kupfer	Cu	31,7	396,6	Cu	2	63,5	—	—	alt bekannt
27. Lanthan	La	46,0	575,0	La	2	92	—	—	MOSANDER 1839
28. Lithium	Li	6,5	82,5	Li	1	7	—	—	ARFVEDSON 1817
29. Magnesium	Mg	12,0	150,0	Mg	2	24	—	—	H. DAVY 1807
30. Mangan	Mn	27,6	344,5	Mn	2	53	—	—	SCHEELE 1774
31. Molybdän	Mo	46,0	575,0	Mo	4	92	—	—	SCHEELE 1778
32. Natrium	Na	23,0	287,5	Na	1	23	—	—	H. DAVY 1807
33. Nickel	Ni	29,0	362,5	Ni	2	58,8	—	—	CRONSTEDT 1751
34. Niobium	Nb	48,9	611,0	Nb	4	97,6	—	—	H. ROSE 1844

* Nach der Tabelle in AD. STRECKER's Theorien und Experimente zur Bestimmung der Atomgewichte. Braunschweig 1859. S. 131*.

** Nach der Tabelle in A. W. HOFMANN's Einleitung in die moderne Chemie. Braunschweig 1866. S. 220*.

Namen des Elementes.	Aequivalentgewicht.			Neueres Atomgewicht.			Molekular-		Entdeckt oder dargestellt von
	Zeichen.	H = 1.	O = 100.	Zeichen.	Werthigkeit.	Gewicht.	Zusammensetzung	Gewicht.	
35. Norium?	No	—	—	—	—	—	—	—	Svanberg
36. Osmium	Os	100,0	1250,0	Os	4	199	—	—	Tennant 1803
37. Palladium	Pd	53,0	662,5	Pd	2	106,5	—	—	Wollaston 1803
38. Phosphor	P	31,0	387,5	P	3	31	4 P	124	Brandt 1669, Kunkel
39. Platin	Pt	99,0	1237,5	Pt	4	197,4	—	—	A. de Ulloa 1736
40. Quecksilber	Hg	100,0	1250,0	Hg	2	200	Hg	200	alt bekannt
41. Rhodium	Rh	52,0	650,0	Rh	2	104	—	—	Wollaston 1804
42. Rubidium	—	—	—	Rb	1	85,5	—	—	Bunsen u. Kirchhoff 1860
43. Ruthenium	Ru	52,0	650,0	Ru	4	104	—	—	Claus 1844
44. Sauerstoff	O	8,0	100,0	O	2	16	2 O	32	Priestley 1774
45. Schwefel	S	16,0	200,0	S	2	32	2 S	64	alt bekannt
46. Selen	Se	39,5	493,75	Se	2	79	2 Se	158	Berzelius 1817
47. Silber	Ag	108,0	1350,0	Ag	1	108	—	—	alt bekannt
48. Silicium	Si	21,3	266,5	Si	4	28,5	—	—	Berzelius 1824
49. Stickstoff	N	14,0	175,0	N	3	14	2 N	28	Rutherford 1772
50. Strontium	Sr	43,8	548,0	Sr	2	87,5	—	—	H. Davy 1807
51. Tantal	Ta	68,8	860,3	Ta	4	137,5	—	—	Hatchett 1801
52. Tellur	Te	64,0	800	Te	2	128	—	—	Müller v. Reichenbach 1782
53. Terbium?	Tr	—	—	—	—	—	—	—	Mosander 1843
54. Thallium	—	—	—	Tl	1	204	—	—	Crookes u. Lamy 1862
55. Thorium	Th	59,5	743,9	Th	4	231,5	—	—	Berzelius 1828
56. Titan	Ti	25	312,5	Ti	4	50	—	—	William Gregor 1789
57. Uran	U	60	750	U	2	120	—	—	Klaproth 1789
58. Vanadium	V	68,5	856,7	V	4	137	—	—	del Rio 1801, Sefström 1830
59. Wasserstoff	H	1,0	12,5	H	1	1	2 H	2	? 17. Jahrh. Cavendish 1766
60. Wismuth	Bi	104,0	1300,0	Bi	3	208	—	—	? 15. Jahrhundert
61. Wolfram	W	92,0	1150,0	W	4	184	—	—	Cronstedt 1758
62. Yttrium	Y	35,0	437,5	Y	2	61,7	—	—	Gadolin 1794
63. Zink	Zn	32,5	406,6	Zn	2	65	—	—	? 15. Jahrhundert
64. Zinn	Sn	58,0	725,0	Sn	4	118	—	—	alt bekannt
65. Zirkonium	Zr	33,5	418,9	Zr	4	90	—	—	Klaproth 1789

B. Hypothesen über die Constitution der Körper.

§. 232. Einleitung.

In den vorhergehenden Bemerkungen über die allgemeinen Eigenschaften der Materie sind bereits verschiedene Vorstellungen über die innere Beschaffen-

heit der Materie enthalten, indem man nothwendig gewisse nach Aussen hin erkennbare Eigenschaften auf bestimmte ursächliche, in der Natur der Materie liegende Begriffe zurückzuführen suchen muss. Bleibt man bei einem einzelnen Kreise von Erscheinungen stehen, so wird vielleicht eine Hypothese über die Natur der Materie eine genügende Erklärung geben, welche nicht mehr ausreicht, sobald andere Erscheinungen hinzugenommen werden. So reichte z. B. die Annahme diskreter Anziehungscentren, die nach dem Gravitationsgesetze auf einander wirken, aus, um die Fernewirkungen der Himmelskörper, die Schwere u. s. w. zu erklären, während die Cohäsion und die chemische Anziehung andere Grundbedingungen in der Materie voraussetzen. Es würde also eine befriedigende Hypothese von der Materie zunächst auf alle allgemein an derselben beobachteten Eigenschaften anwendbar sein müssen. Sodann aber müsste diese Hypothese auch genügen, die besondern Eigenschaften der Materie, die wir aus den mannigfaltigen Erscheinungen des Lichtes, der Wärme, der Elektricität kennen lernen, anschaulich zu machen. Kurz, eine vollkommene Theorie von der Constitution der Materie würde erst eine solche heissen können, welche die Bedingungen enthielte, alle physikalischen Erscheinungen zu erklären.

Die moderne Entwicklung der Physik hat es mit sich gebracht, dass ein System der gesammten Physik, welches aus einem einheitlichen Grundprincipe von der Natur des physischen Körpers und der physischen Kräfte die sämmtlichen verschiedenen Erscheinungsgebiete entwickelte, bisher noch nicht aufgestellt werden konnte. Vielmehr ist der Gang der Untersuchungen der gewesen, dass für einzelne durch die Erfahrung besonders vorgeschrittene Gebiete eine theoretische Construktion versucht und höchstens noch gezeigt wurde, dass die hierbei angenommenen Grundvorstellungen von der Beschaffenheit der Materie im Allgemeinen den für andere Gebiete geltenden Ansichten entsprächen. So geht z. B. die Undulationstheorie der Optik von einer atomistischen Construktion der materiellen, tastbaren Körpertheile und eines zwischen denselben befindlichen hypothetischen Körpers des Lichtäthers aus und bestimmt die Beziehungen zwischen diesen kleinsten Körpertheilen nach den optischen Erscheinungen so, dass sie mit mathematischer Schärfe die Erfahrungen darzustellen gestatten. Ob aber diese für die Optik genügende Hypothese der Körperconstitution zur genauen Darstellung anderer Phänomene genüge, z. B. zusammenfalle mit der gleichfalls atomistischen Hypothese zur Erklärung der chemischen Anziehung, wird nicht untersucht.

Aehnlich verhält es sich mit der atomistischen Construktion der Materie in der mechanischen Theorie der Wärme, durch welche für eine grosse Reihe von Wärmephänomenen eine befriedigende Erklärung gewonnen ist, welche die Beziehungen zwischen Licht und strahlender Wärme nachweist, welche ferner im Allgemeinen die Erscheinung der Aggregatveränderungen versinnlicht, dagegen auf Schwierigkeiten bei der Erklärung mancher Wärmephänomene, z. B. der Wärmeleitung, stösst, und wo man vollständig unentschieden lässt, ob die Atomistik der Wärmelehre eine Grundlage zur genauen Erklärung der übrigen Erscheinungen giebt, wenn sie nur nicht geradezu gegen bekannte Thatsachen verstösst.

Dieser Gang der Entwicklung für die physikalischen Theorien ist durch die ungleiche Ausbildung, welche die einzelnen Erscheinungsgebiete erfahren haben, geboten worden. Es ist natürlich, dass man zunächst eine vollständige Erklärung für eine Reihe untereinander zusammenhängender Thatsachen, z. B. des Lichtes, der Wärme, über welche eine grosse Zahl von Beobachtungen vorlag, zu gewinnen suchte und es dahingestellt liess, ob diese Erklärung sich andern Gebieten anpassen möchte, wenn diese erst ein hinreichendes Beobachtungsmaterial zur Aufstellung einer Theorie darbieten würden. So bestanden lange für verschiedene physikalische Disciplinen Theorien nebeneinander, die offenbar nicht miteinander zu vereinigen waren, die man aber in Ermanglung einer alle Gebiete umfassenden Theorie als Aushülfe gelten lassen musste. Neben einer Bewegungstheorie des Lichtes galt lange die Hypothese eigenthümlicher feiner Stoffe, der sogenannten Imponderabilien, von denen die Phänomene der Wärme, der Elektricität u. s. w. abhängen sollten, einem Wärmestoff, Elektricitätsstoff u. s. w., obwohl die innige Beziehung zwischen Licht, Wärme, Elektricität erkannt war, obwohl man wusste, dass die eine Erscheinung in die andere umgewandelt werden konnte. Sah man also z. B., dass Licht Wärme erzeugte, so hätte man, wenn man auf einen gemeinsamen Erklärungsgrund für Licht und Wärme Rücksicht nehmen wollte, die undenkbare Annahme machen müssen, dass die Bewegung des Lichtes einen Stoff hervorbringen könne. Da sich nun aber die sämmtlichen Erscheinungen der Wärme besser unter der Vorstellung eines Wärmestoffes versinnlichen liessen, so wurde von jenem Widerspruche abgesehen und noch die Hülfshypothese des imponderablen Wärmestoffes beibehalten, bis nun erst durch die mechanische Wärmetheorie, nachdem die Erscheinungen der strahlenden Wärme die Annahme einer Bewegung als Ursache der Wärme immer nothwendiger gemacht hatten, eine den Grundansichten der Optik entsprechende Hypothese der Wärme mit Erfolg geltend gemacht werden konnte.

Für die elektrischen Erscheinungen ist nun die Sachlage ziemlich dieselbe wie bei der Wärme vor dem Uebergange aus der Stofftheorie zur Bewegungstheorie. Die Annahme elektrischer und magnetischer Fluida passt nicht zu der gewonnenen Einsicht von der Wechselbeziehung zwischen Licht, Wärme und Elektricität, aber eine befriedigende Theorie, welche die elektrischen Phänomene auf bestimmte Bewegungsgrössen der Körper- oder Aetheratome, wie solche in der Optik und Wärmelehre construirt werden, zurückzuführen vermöchte, hat bisher nicht aufgestellt werden können und die Annahme hypothetischer elektrischer und magnetischer Fluida besteht daher als eine Hülfshypothese zur Versinnlichung dieses Erscheinungsgebietes, neben vereinzelten Versuchen, gewisse Gruppen elektrischer Erscheinungen mit den atomistischen Vorstellungen der Optik und Wärmelehre und einer Bewegungstheorie in Uebereinstimmung zu bringen.

Da nun eine gleichmässige Bearbeitung der verschiedenen Gebiete der Physik noch nicht zur Ausführung gelangte, so kann auch von einer bestimmten Ansicht über die Grundbeschaffenheit der Materie, welche von der Mehrzahl der Physiker anerkannt wäre, nicht die Rede sein, wenn auch über die allgemeinen Umrisse für solche Grundanschauungen keine erheblichen Differenzen bestehen mögen.

Darin nämlich herrscht eine sehr allgemeine Uebereinstimmung, dass eine atomistische Construktion der Materie die einzige ist, welche nicht allein die schon bekannten physikalischen Vorgänge anschaulich macht, sondern auch gestattet, auf sie die Methode der Mechanik anzuwenden und mathematisch sicher die aus den gegebenen Bedingungen folgenden Erscheinungen im Voraus zu bestimmen.

Die Methode der Mechanik macht eine Wirkung abhängig von den aufeinander wirkenden Massen, von ihren Entfernungen und der Dauer der wirkenden Kraft, für welche eine bestimmte gesetzliche Beziehung zu den materiellen Grössen der Massen und Entfernungen angenommen wird.

Da mithin die Wirkung als eine Function der Entfernung dargestellt wird, so ist hiermit die atomistische Construction geboten. Mögen daher auch manche Physiker die atomistische Theorie als speculativ nicht genügend begründet ansehen, weil die in der Methode der Mechanik liegende Annahme von in die Entfernung wirkenden Kräften willkührlich und nicht begreiflich, sondern ein Axiom ist, so müssen sie wenigstens die Atomistik als die bei den jetzigen Hülfsmitteln allein die Physik fördernde Ansicht anerkennen.

Noch in einer weiteren allgemeinen Beziehung besteht eine Gleichmässigkeit der Ansichten, nämlich darin, dass die jetzige physikalische Atomistik streng zu trennen ist von einer ihr nur scheinbar ähnlichen idealistischen Construction der Materie aus mathematischen Kräftepunkten, wodurch die reale Existenz der Materie überhaupt vernichtet wird.

Im Uebrigen aber sind sehr verschiedene Ansichten über die Constitution der Materie geltend gemacht, je nachdem es dem Urheber solcher Ansichten vorzugsweise um die Erklärung der Erscheinungen des einen oder anderen Gebietes der Physik zu thun war.

Es könnte nun in Beziehung auf diese Ansichten auf die speciellen Theile dieses Werkes verwiesen werden, wo ohnehin die aus den Erfahrungen für die verschiedenen Theorien entnommenen Beweise zu prüfen sind. Indessen wird doch in der allgemeinen Einleitung der Nachweis der Bestrebungen, eine allgemein gültige Grundlage der physikalischen Vorstellungen zu schaffen, nicht gänzlich fehlen dürfen. Theils nämlich hat sich das Interesse jetzt mehr solchen allgemeinen theoretischen Betrachtungen zugewendet, während zuvor alle Arbeit nur auf die Erweiterung der Erfahrung gerichtet war, und zwar geschah dies, weil auf mehreren Gebieten, z. B. auf dem der Wärmelehre, sich neuerdings die genauere Präcisirung der Constitution der Materie als besonders fruchtbar bewiesen hat. Theils aber muss es doch schliesslich die Aufgabe sein, ein abgeschlossenes System der ganzen Physik herzustellen, in welchem die jetzt noch bestehenden Verschiedenheiten der Hypothesen über Körperatome, Aetheratome und deren Kräfte ausgeglichen werden müssen.

Mit den Vorstellungen über die Anordnung der materiellen Theile (die Molekularconstitution der Materie) stehen nun ferner die Vorstellungen über die in der Materie thätigen Kräfte (physischen Kräfte) in untrennbarem Zusammenhange. Denn wir schliessen erstlich aus den uns erkennbaren Wirkungen der Kräfte, den Bewegungen, auf die Beschaffenheit der Materie, und zweitens sind

uns Materie und physische Kraft stets mit einander verbunden erscheinend. Eine in philosophischen Systemen vorkommende Ansicht, dass Materie und Kraft isolirt existiren könne, findet in der Natur nicht den geringsten Anhalt. Aus diesen Gründen enthalten die neueren Vorstellungen über die Constitution der Materie auch stets gleichzeitig gewisse Ansichten über die Natur der mit der Materie verbundenen Kräfte.

In den folgenden Paragraphen werde ich daher zwar nicht unternehmen können, die zahlreichen Hypothesen über die Beschaffenheit der Materie vorzutragen, weil die Würdigung jeder Hypothese aus der Kritik der einzelnen Gebiete, für welche sie bestimmt war, hervorgehen muss. Dagegen werde ich versuchen, diejenigen Ansichten kurz zu schildern, welche sich für die physikalische Atomistik bisher besonders geltend gemacht haben.

§. 233. Die Atome als Kraftcentra. (Leibniz.) Boscovich. Faraday.

Gewöhnlich wird Leibniz als der Begründer der modernen Atomistik genannt, weil er in seinen principiis philosophiae allerdings als Grundanschauung für die Beschaffenheit der Materie getrennte Sitze thätiger Kräfte in seinen einfachen Wesen oder Monaden annahm. Aber eine scharfe Anwendung auf bestimmte physikalische Phänomene ist von ihm nicht gemacht.

Roger Joseph Boscovich ist es vielmehr, der die physikalische Atomistik begründet hat, indem er in sehr eingehender Weise die damals bekannten physikalischen Erscheinungen nach seiner Theorie erklärte.

Da Boscovich's philosophiae naturalis theoria, in welcher er sein ganzes System zusammenfasst, im Jahre 1759 erschienen ist, so existirten grosse Gebiete der Physik und Chemie, auf welche jetzt eine Theorie Rücksicht nehmen muss, noch nicht, wie z. B. fast die gesammte Elektricitätslehre, die Lehre von der strahlenden Wärme, von den festen chemischen Verbindungen u. s. f. Es würde schon daraus erklärlich sein, wenn Boscovich's Theorie in vielen Punkten eine Erweiterung und Abänderung hätte erfahren müssen. Indessen ist ein solcher Ausbau seiner Theorie, entsprechend den ausserordentlich erweiterten Erfahrungen und sich über die ganze Physik erstreckend, gar nicht einmal versucht worden, ja es fanden Boscovich's Ansichten im Ganzen nur bei wenigen Physikern Beifall (Priestley, Robison), bis erst die neuerdings wieder häufiger aufgenommenen Untersuchungen über die speculative Grundlage der Physik das Resultat liefern, dass die jetzigen Ansichten in den wesentlichsten Stücken auf Boscovich's Theorie zurückkommen.*

Die wichtigsten Sätze, in denen Boscovich die Grundlage seiner Theorie angiebt und die Unterschiede einerseits gegen die Leibniz'sche Ansicht der Materie, andererseits gegen die Newton'sche Hypothese von den Kräften der Materie hervorhebt, sind die folgenden.

* Fechner hat sich in seiner vortrefflichen Schrift: „über die physikalische und philosophische Atomenlehre" wegen der geringen Berücksichtigung, welche Boscovich's Theorie fand, veranlasst gesehen, in einem Zusatzkapitel der zweiten Auflage, S. 239 ff. aus der lateinischen Ausgabe von Boscovich's philos. nat. einen Auszug zu geben, der die wesentlichsten Punkte der Theorie enthält. Ueberhaupt muss in der Streitfrage über die physikalische Atomistik auf die genannte Schrift verwiesen werden.

Die Materie besteht aus durchaus einfachen, untheilbaren, ausdehnungslosen und von einander entfernt stehenden Punkten, welche Beharrungsvermögen besitzen und gegenseitig auf einander nach Maassgabe der Entfernung so einwirken, dass bei bestimmter Entfernung auch die Grösse und Richtung der Kraft gegeben ist, bei veränderter Entfernung aber die Kraft selbst sich ändert, indem sie bei einer ins Unendliche verminderten Entfernung bis ins Unendliche wachsend repulsiv wird. Vergrössert sich successive die Entfernung, so vermindert sich erst die Repulsivkraft, verschwindet, verwandelt sich dann in eine Attractionskraft, die erst zunimmt, dann abnimmt, verschwindet, sich wieder in eine Repulsivkraft verwandelt und so fort durch viele Wechsel, bis sie endlich in grösseren (d. h. merklichen) Entfernungen in die mit dem Quadrate der Entfernung abnehmende Anziehungskraft übergeht.

Boscovich zeigt nach der Aufstellung dieser Annahme, dass der Wechsel der Kräfte nicht ein aufs Geradewohl angenommenes Haufwerk von Kräften bildet, sondern dass er durch eine einzige continuirliche Curve dargestellt werden kann.

Mit der Leibniz'schen Theorie hat die Boscovich'sche „Kräftetheorie" die einfachen und ausdehnungslosen Elementartheile gemein, mit dem Newton'schen Systeme die mit dem Abstande der Punkte sich ändernden Kräfte, und zwar nicht nur solche Kräfte, welche die Punkte zur Annäherung veranlassen (anziehende Kräfte), sondern auch solche, die ein Zurückweichen von einander bewirken (abstossende Kräfte), wie dergleichen von Newton in der Optik vorgeschlagen sind. Beide Systeme haben ferner mit dem Boscovich'schen das gemein, dass alle Theilchen der Materie so mit allen übrigen noch so weit entlegenen in Verbindung stehen, dass jede noch so geringe Ortsveränderung eines einzigen Theilchens eine Bewegung in allen übrigen zur Folge hat.

Der Unterschied gegen die Leibniz'sche Theorie besteht darin, dass Boscovich einerseits keine continuirliche Ausdehnung, aus unmittelbar sich berührenden unausgedehnten Wesen entstehend, zugiebt; andererseits eine Gleichartigkeit aller Elemente annimmt und alle Verschiedenheiten der Massen nur von der Lage und verschiedenen Combination der Theilchen ableitet. „Denn", sagt er, „auf solche Gleichartigkeit der Elemente und solchen Grund für die Verschiedenheit der Massen leiten uns die Analogie und besonders die Erfahrungen der Chemie. Da diese die zusammengesetzten Körper auf wenige unter sich verschiedene durch die Analyse zurückführt, so ist dies ein Beweis, dass, je weiter die Analyse fortgesetzt werden kann, man zu immer grösserer Einfachheit und schliesslich zur Gleichartigkeit gelangen muss."

Der Unterschied gegen das Newton'sche System besteht theils darin, dass Boscovich nur ein einziges Gesetz für die Kraft annimmt und dadurch das erreicht, was Newton in der letzten Frage zur Optik aus drei Principien, der Gravitation, der Cohäsion, der Fermentation zu erklären sucht. Theils darin, dass bei den kleinsten Entfernungen nicht positive oder Attractionskräfte angenommen werden, wie bei Newton, sondern negative oder repulsive, ins Unendliche wachsend, während sich die Entfernung unendlich vermindert. Hieraus folgt dann, dass weder die Cohäsion aus der unmittelbaren Berührung entsteht,

noch überhaupt ein unmittelbarer (mathematisch gesprochen) Contact der Materie besteht.

Die ersten Elemente der Materie sind also nach Boscovich untheilbare und ausdehnungslose Punkte, die im unendlichen Vacuum so vertheilt sind, dass je zwei um einen gewissen Abstand von einander entfernt sind, welcher zwar unendlich vergrössert werden kann und der auch zu verkleinern ist, der aber nicht völlig verschwinden könnte, ohne dass die Punkte in einander eindringen müssten. Eine Aneinanderlegung der Punkte hält Boscovich für unmöglich, sondern es für ausgemacht, dass, wenn die Entfernung zweier Punkte Null sein soll, sie denselben Raum einnehmen und sich völlig durchdringen müssen. Daher kann man nicht sagen, dass ein leerer Raum innerhalb der Materie verbreitet sei, „sondern die Materie vertheilt sich im leeren Raume und befindet sich schwimmend in demselben“.

Seine „Kräftetheorie“ hat Boscovich auf alle damals bekannten Zweige der Physik angewendet und namentlich für die sogenannten allgemeinen Eigenschaften der Körper, die Elasticität und die damalige Optik durchgeführt.

Ein Unterschied gegen die heutige, namentlich seit der Durcharbeitung der Undulationstheorie des Lichtes allgemein angenommene atomistische Ansicht besteht darin, dass Boscovich nur Atome der durch Sinneswahrnehmung erkennbaren Materie und keine der Sinneswahrnehmung sich entziehende feine Materie, den Aether, annimmt.

Die Functionen, welche die den Aetheratomen hypothetisch zugeschriebenen Molekularkräfte in der neueren Atomistik ausüben, liegen nach Boscovich's Theorie in den in verschiedenen Abständen vom materiellen Elemente alternirenden repulsiven und attractiven Kräften. In diesem Sinne würde also die Boscovich'sche Theorie eine dynamische sein, indem bei allen Erscheinungen, die wir jetzt auf Bewegungen einer feinen Materie zurückführen, bei ihm die Erklärung auf Aenderungen der Kraftverhältnisse hinauskommt. Dennoch aber darf die Boscovich'sche Hypothese nicht mit der erwähnten idealistischen Vorstellung (mit der sie mir Faraday in seiner Annahme von Kräftecentren zu verwechseln scheint) zusammengeworfen werden. Boscovich's materielle Elemente werden von ihm zwar ausdehnungslos genannt, alle Ausdrücke weisen aber darauf hin, dass er ihnen eine reale Existenz zuspricht und unter ihnen keine mathematischen Nullen versteht, sondern wir sie besser als Differentiale bezeichnen könnten.

Der Boscovich'schen Grundanschauung ist die von Faraday aufgestellte Hypothese scheinbar sehr ähnlich, insofern sie auch von Kräftecentren (die aber Faraday wirklich als mathematische Punkte aufzufassen scheint) und von der Verbreitung von Kräften durch den leeren Raum ausgeht. Die Faraday'sche Hypothese ist in der Kürze folgende.

Die Atome sind Kräftecentra und keine Körpertheilchen, die den Kräften der Anziehung und Abstossung unterworfen sind. Was man Räumlichkeit des Atomes nennt, kann aufgefasst werden als die Dimension, bis zu welcher die Kraftlinien von dem Centrum reichen, und diese Kraftlinien kann man vielleicht als den Sitz der Lichtvibrationen betrachten. Man kann für die

gewöhnliche Materie und für den Aether eine ganz gleiche Construction annehmen, beide als bestehend aus einzelnen Sitzen von Kräftecentren und nur dadurch verschieden, dass die Kräfte dieser Centra in beiden verschiedene sind (bei den Kräftecentren der s. g. wägbaren Materie die Anziehung oder Gravitation, bei dem s. g. Aether die unbegränzte elastische Kraft). Weiter meint dann Faraday, man könne aus den Erscheinungen der Experimentalphysik verschiedene Kräfteformen erkennen, die sich in Kraftlinien äussern, Kraftlinien der Schwere, der elektrostatischen Induction, der magnetischen Wirkung u. s. f. Die Kräfte verbreiten sich durch den Raum und wenn sogenannte materielle Theilchen (die ja wieder nichts Anderes als Kräftecentra sind) auf dem Wege der Kraft liegen, nehmen sie an der Verbreitung der Kraft Antheil oder modificiren sie. Denn, nehmen wir zwei Körper *A* und *B* an, die gegenseitig aufeinander einwirken und also durch Kraftlinien miteinander verbunden sind, und richten wir dann unsere Aufmerksamkeit auf eine Resultante der Kraft, die eine unveränderliche Richtung im Raume hat; wenn nun der eine der Körper ein wenig nach rechts oder links bewegt oder während eines Momentes in seiner Kraft geändert würde, so vollzieht sich für die Resultante, auf die wir achteten, eine seitliche Störung. So meint nun Faraday könnten in den im Raume nach allen Richtungen vorhandenen Kraftlinien ganz solche momentane Veränderungen, wie wir sie zur Erklärung der Erscheinungen brauchen, also z. B. Oscillationen (die dann Schwankungen der Kräfteintensitäten bedeuten würden) construirt werden.

G. B. Airy, welcher die Faraday'sche Hypothese beleuchtet, hebt schon hervor, dass in derselben eine metaphysische Streitfrage enthalten sei und dieselbe eigentlich kein Object der Physik bilden könne. Denn diese Hypothese läugne überhaupt die Existenz der Materie und setze nur Kräfte, welche ohne Substrat für sich im Raume existiren können.

Und hierin liegt in der That der Unterschied und der Nachtheil der Faraday'schen Hypothese gegen die Boscovich'sche, in welcher zwar unendlich kleine materielle Punkte, aber doch Materie überhaupt besteht und an diese das Dasein der Kräfte angeknüpft wird, wie wir erfahrungsmässig eine Ablösung der Kraft von der Materie nicht kennen.

§. 234. Die neuere physikalische Atomistik.

Die Aenderung der Ansichten in der Atomistik, wodurch ausser den Körperatomen, d. h. solchen Körpertheilchen, die sich durch die allgemeine Massenanziehung oder durch die Wägbarkeit zu erkennen geben, auch noch Aetheratome, d. h. unwägbare Substanz als zur Constitution der Materie nothwendig gehörend angesehen wurde, datirt eigentlich erst aus diesem Jahrhundert, von der Zeit nämlich, wo die Vorzüge der Emissionstheorie und der Undulationstheorie des Lichtes gegeneinander abgewogen wurden und schliesslich die letztere die Oberhand gewann.

Boscovich sah noch das Licht nach der Newton'schen Lehre als schnell bewegte Lichtpartikelchen an und konnte so die Bewegungsgesetze des Lichtes vermittelst seiner Kräftetheorie nach den mechanischen Grundsätzen für die Anziehung, respective Abstossung zweier getrennten Massen erklären.

Allerdings hatte Huyghens die Undulationstheorie aufgestellt und dadurch die Forderung einer die Undulationen verbreitenden Substanz eingeführt. Später hatte sich L. Euler mit Entschiedenheit dieser Theorie angenommen und die Existenz der ätherischen Substanz vertheidigt. Aber erst durch die Arbeiten von Th. Young und Fresnel wurde der Streit für die Undulationstheorie und mithin für die Nothwendigkeit der Annahme des Aethers siegreich durchgeführt. Die Natur des Aethers und seiner Beziehungen zu den Körperatomen wurde dadurch bestimmt, dass die Hypothesen hierüber den Phänomenen des Lichtes Genüge leisten mussten. Daher ist es erklärlich, dass die Hypothesen über die Körper- und Aetherconstitution, den grossen Entdeckungen in der Optik in diesem Jahrhundert, der Polarisation und Interferenz folgend, mancherlei Modificationen erfahren haben.* War aber einmal durch die Optik die genannte Beschaffenheit der Materie festgestellt, so entstand nunmehr für die übrigen Zweige der Physik, namentlich die Wärmelehre und Elektricitätslehre, die Aufgabe, ihre Erscheinungen mit solcher neuen Ansicht in Uebereinstimmung zu bringen, ohne die Forderungen der Optik nach bestimmten Eigenschaften des Aethers u. s. w. zu beeinträchtigen. Diese Aufgabe ist nun noch nicht gelöst, sondern, wenn auch im Ganzen die von der Optik geschaffene atomistische Grundlage jetzt sehr allgemein angenommen ist, so bestehen doch für die verschiedenen Gebiete besondere Ansichten über die Beschaffenheit der Materie des Aethers und ihrer Beziehungen zueinander.

Nach der Periode der grossen Entdeckungen von Malus, Fresnel und Ampère waren es vorzugsweise die französischen Gelehrten, welche der atomistischen Theorie eine feste Ausbildung zu geben unternahmen, und zwar besonders zum Zwecke der Erklärung der optischen Phänomene.

Es wird genügen, die allgemeinen Umrisse dieser Theorie anzugeben und einige der Differenzpunkte in den Ansichten hervorzuheben.** Ich folge hierbei zunächst dem von Fechner zusammengestellten „Resumé der physikalischen Atomistik“***, enthaltend: „den Kern und Grundstock der Atomistik, der aus unter sich zusammenhängenden, durch den Zusammenhang der Thatsachen selbst geforderten, von den vorzüglichsten Vertretern der Atomistik übereinstimmend anerkannten Sätzen besteht“.

Die wägbare Materie ist räumlich in discrete Theile getheilt zu denken,

* Der Zusammenhang der jetzigen atomistischen Hypothese und ihres Aethers mit den Fortschritten der Optik zeigt sehr charakteristisch die Zurückweisung, welche die Aetherhypothese erfuhr, als die Emissionstheorie des Lichtes die siegreiche war. So liest man bei Priestley (Geschichte der Optik, II, 258): „So entscheidend auch die Gründe wider die Meinung, dass das Licht in den Schwingungen eines flüssigen Mittels bestehe, den meisten Naturkundigen vorkommen, besonders seit Newton in seinen Principien die Unmöglichkeit dieser Hypothese bewiesen zu haben schien, so blieben doch einige Naturforscher, insbesondere verschiedene berühmte Ausländer bei derselben und nicht anders als mit vieler Mühe konnten einige, selbst unter den Engländern sich bereden, sie fahren zu lassen. Keiner aber bestritt die Newton'sche Hypothese so eifrig und gab sich so viel Mühe um die Sache, als der so berühmte Mathematiker Herr Euler, der die Hugeniani'sche Hypothese wieder hervorzog und vertheidigte, nach welcher nämlich das Licht in Schwingungen besteht, die von dem leuchtenden Körper durch ein subtiles ätherisches Mittel fortgepflanzt werden. Da ich die Leser nicht mit blossen Hypothesen aufhalten mag, so will ich bloss einen kurzen Auszug der Einwürfe des Herrn Euler gegen Newton's Lehre hier vortragen....“

** Im Uebrigen muss auf die im Literaturanhange sub B angeführten Schriften verwiesen werden, woselbst auf die speciellen Ansichten der Verfasser kurz hingedeutet wird.

*** Atomenlehre, S. 13.

wozwischen eine unwägbare Substanz (Aether) sich befindet, über deren Natur und Verhältniss zur wägbaren Materie zwar noch in vieler Hinsicht Unsicherheit besteht, die aber jedenfalls nicht minder als jene räumlich zu localisiren und in discrete Theile getheilt zu denken ist, wozwischen nun entweder ein absolut leerer Raum besteht oder nur ein Etwas ist, was von der Philosophie immerhin ihrer Idee der Raumerfüllung zu Liebe angenommen werden mag, aber keinen Einfluss mehr auf die physischen Erscheinungen hat, also auch nicht vom Physiker berücksichtigt werden kann, oder nur in einer ähnlichen Weise den Raum erfüllt, als man von der Gravitation freilich auch sagen kann, sie erfülle und durchdringe mit ihrer Wirksamkeit den Raum, dessenungeachtet aber doch genöthigt ist, sie noch an besondere discrete Centra anzuknüpfen, von denen aus sie als wirkend angesehen werden muss. Sämmtliche kleinste Theile (Atome), sowohl die dem Wägbaren als dem Unwägbaren angehören, stehen wie die Weltkörper durch Kräfte miteinander in Beziehung und gehorchen denselben allgemeinsten Gesetzen des Gleichgewichtes und der Bewegung, die in jeder exacten Mechanik für grosse und kleine, wägbare und unwägbare Massen als in Eins geltend aufgestellt werden. Die letzten Atome sind entweder an sich unzerstörbar, oder es sind wenigstens im Bereiche der Physik und Chemie keine Mittel gegeben, sie zu zerstören, und liegen keine Gründe vor, eine je eintretende Zerstörung oder Verflüssigung derselben anzunehmen.

Von diesen letzten Atomen vereinigen sich im Gebiete des Wägbaren mehr oder weniger zu kleinen Gruppen (sogenannten Molekulen oder zusammengesetzten Atomen), die weiter von einander entfernt sind, als die Atome in jeder Gruppe für sich; eine Stufenleiter, die sich noch höher bauen kann, so dass kleinere Gruppen sich abermals zu grösseren vereinigen. Diese zusammengesetzten Atome, Molekule, können allerdings disaggregirt werden und ihre Bestandatome sich in neuen Verbindungen zusammenstellen.

Vom Abstande der letzten Atome ist nur so viel gewiss, dass er sehr gross im Verhältniss zu den Dimensionen der betreffenden Atome ist. Von den absoluten Dimensionen der Atome, ja ob die letzten Atome angebbare Dimensionen haben, ist nichts bekannt.

Den Molekulen oder zusammengesetzten Atomen kann eine bestimmte Gestalt als Umriss der von ihnen befassten Gruppe beigelegt werden, von der Gestalt der letzten Atome ist nichts bekannt.

Die Kräfte der Atome sind theils anziehender, theils abstossender Natur; mindestens ist es bis jetzt noch nicht geglückt, sie auf blos anziehende zurückzuführen. Sie wirken nach Functionen der Distanz der Theilchen. Das genaue Gesetz der Kräfte ist nicht bekannt.

Was die Constitution des Aethers im Himmelsraume und in den Körpern insbesondere anlangt, so besteht er aus Theilchen, die in Entfernungen von einander befindlich sind. Diese Entfernungen sind so gross, dass die Dimensionen der Theilchen dagegen verschwinden. Eine Schwere des Aethers kann, wenn sie stattfindet, bei allen Erscheinungen des Lichtes gegen die anderen Kräfte, wovon diese Erscheinungen abhängen, vernachlässigt werden, so dass der Aether in diesem Bezuge sich als nicht schwer ansehen lässt. Er ist zwar

nicht ganz incompressibel, seine Theilchen lassen sich aber ohne Vergleich leichter gegen einander verschieben, als durch Zusammendrückung einander nähern. Er ist im Besitze der vollkommensten Elasticität, d. h. die Kraft, mit der ein aus der Lage seines Gleichgewichts (Ruhepunkt) gebrachtes Aetheratom in diese Lage zurückzukehren strebt, ist der Entfernung vom Ruhepunkte genau proportional. Vermöge seiner Elasticität sind die Theilchen des Aethers eben so einer Schwingung fähig, als die Theilchen der Luft, wenn sie durch irgend eine Ursache aus der Lage des Gleichgewichts gebracht sind, und diese Schwingungen pflanzen sich von Theilchen zu Theilchen auf analoge Weise fort, als die Schallschwingungen in der Luft und bringen dadurch die Erscheinungen des Lichtes und der Strahlwärme hervor. Die Schwingungen, durch welche diese Erscheinungen hervorgerufen werden, sind transversal, nicht longitudinal, d. h. nicht nach der Länge des Strahls, sondern quer dagegen gerichtet und so klein, dass sie nur sehr wenig im Verhältniss zum gegenseitigen Abstande der Aethertheilchen betragen.

Die Dichtigkeit und Elasticität des Aethers ist in Körpern von verschiedener Beschaffenheit verschieden. Man unterscheidet absolute Elasticität als die ganze Kraft, womit ein beliebiges Theilchen des Aethers in die Lage seines Gleichgewichts zurückkehrt, wenn es um eine gegebene kleine Weite aus dieser Lage abgelenkt wird, messbar durch den kleinen Geschwindigkeitszuwachs, den es bei gegebener Ablenkung durch diese Kraft erhält; und specifische Elasticität, d. i. die absolute Elasticität, dividirt durch die Dichtigkeit des Aethers, messbar durch das Quadrat der Geschwindigkeit, mit welcher sich Schwingungen fortpflanzen, die in der Richtung geschehen, nach welcher die Elasticität betrachtet wird, als welche in doppeltbrechenden Körpern nach verschiedener Richtung verschieden ist. Die specifische Elasticität ist in den brechenden Mitteln kleiner, als im sogenannten leeren Raume; in wiefern aber die Aenderungen derselben vielmehr von Aenderungen der absoluten Elasticität oder Dichtigkeit abhängen, ist nicht sicher entschieden.

Diese Darstellung der allgemeinen Ansichten über die Zusammensetzung der Materie zeigt, dass in vielen Punkten die Meinungen sich noch durchaus nicht festgestellt haben. Die wichtigsten Meinungsverschiedenheiten innerhalb der atomistischen Theorie, theils was die wägbaren oder unwägbaren Theile, theils was deren Beziehung zu einander betrifft, sind etwa die folgenden.

Dass die Atome der wägbaren Materie unendlich kleine, in relativ grossen Abständen von einander befindliche materielle Theilchen sind, in denen der Sitz der Anziehungskraft der Materie zu suchen ist, darüber herrscht jetzt grosse Uebereinstimmung. Der Streit über Atome bestimmter Ausdehnung und Form, welcher früher lebhaft geführt wurde, ist als beigelegt zu betrachten, seitdem man theils die chemischen Zusammensetzungen, theils die Krystallform und andere hiermit zusammenhängende Erscheinungen auf die Gruppirung der Urtheilchen zurückzuführen anfing.* Dagegen besteht allerdings noch ein Zweifel über die Auffassung von dem Werthe der Urtheilchen verschiedener Materie, der

* Vergl. in der Literatur St. Venant, Sequin u. s. w.

implicite jenen alten Streit enthält. Da wir nämlich wissen, dass die Aequivalentgewichte der verschiedenen Elemente ungleich, hier z. B. die durch das Aequivalentgewicht ausgedrückte Anziehungsgrösse des Sauerstoffatomes = 8 gegen die des Wasserstoffs = 1 ist, so muss man entweder, wenn man bei den unendlich kleinen Urtheilen in der Grösse keinen Unterschied zugeben will, annehmen, dass die Anziehungskraft des Sauerstoffatomes die 8fache Intensität der des Wasserstoffatomes besitzt, oder man muss die sogenannten Atome der Elemente für die letzten durch unsere jetzigen Hülfsmittel untrennbaren und in den verschiedenen Materien abweichenden Gruppirungen von unter sich gleichen mit gleicher Kraftintensität ausgestatteten Urtheilen erklären. Die alte Frage, ob die Atome gleiche Dichtigkeit, aber ungleiches Volumen oder umgekehrt haben, hat hiernach, weil in dem Unendlichkleinen der wägbaren Materie keine Grössenunterschiede angenommen werden, die Umgestaltung erhalten, ob die Atome als mit ungleichen Kräften ausgestattet oder ob sie noch weiter, wenn auch erfahrungsmässig nicht nachweisbar, als noch zusammengesetzt angesehen werden sollen.

Dass ferner in die wägbaren Atome der Sitz der Anziehungskräfte zu verlegen ist, wird nicht allein angenommen, sondern auch, dass für diese Anziehungskräfte kein anderes Gesetz aufzustellen sei, als das der allgemeinen Gravitation, wonach die Kraft proportional der Masse (Kraftintensität, Atomgewicht) und verkehrt proportional dem Quadrate der Entfernung wirkt.

Die Erscheinungen, welche nun auf eine entgegengesetzte Abstossungskraft nicht minder hinweisen, wie die allgemeine speculative Betrachtung, dass ohne dieselbe alle Materie sich unendlich verdichten müsse, werden in den zweiten Theil der materiellen Körperconstitution nach der atomistischen Theorie verlegt, in den Aether.

Hier weichen nun die Ansichten schon erheblich weiter von einander ab. Die allgemeinere Ansicht ist die, dass die Aetheratome sich gegenseitig abstossen, zwischen wägbaren Atomen aber und Aetheratomen gegenseitige Anziehung stattfindet.*

Nach Cauchy würden je nach der Lage der Aethertheile zwischen diesen attractive und repulsive Kräfte, die mit der vierten Potenz der Entfernung abnehmen, thätig sein; nach Briot muss man nur repulsive mit der sechsten Potenz abnehmende Kräfte annehmen. Ansprechend ist eine von R. Grassmann vorgetragene Hypothese, durch welche die Unwägbarkeit des Aethers Erklärung findet.

Er nimmt nämlich an, dass der Aether in seinen letzten Theilen aus *E*punkten (d. h. Punkten von + oder — elektrischer Beschaffenheit) besteht, die je zwei zu einem *E*paare vereinigt sind und nun erst das Aetheratom bilden.** Jedes Körperatom zieht den einen *E*punkt eben so stark an, als es den entgegengesetzten abstösst. In grösserer Entfernung, wo die beiden *E*punkte eines *E*paares als gleich weit abstehend von demselben Körperpunkte betrachtet werden können,

* S. in der Literatur u. A. Poisson.

** Diese paarige Zusammensetzung der Aetheratome wird in analoger Weise für die paarige Verbindung zweier Sauerstoffatome, als Ozon und Antozon von Clausius und Schönbein angenommen.

wird daher der Aether von den Körpern weder angezogen, noch abgestossen, der Aether ist daher gewichtslos oder imponderabel. Wie man in der Chemie zu der Ansicht gelangt ist, dass in den einfachen Stoffen Gruppirungen von 2, 3 bis 4 Urtheilchen zu den chemischen Atomen stattfinden (s. die Tabelle §. 231), so wird hier eine ähnliche Gruppirung des Aethers angenommen, welche namentlich zur Erklärung chemischer und elektrochemischer Vorgänge sich fruchtbar erweist.

In Beziehung auf die Einwirkung der wägbaren auf die unwägbaren Theile sind ebenfalls die Ansichten abweichend. Entweder wird angenommen, dass die wägbaren Atome die Dichtigkeit des Aethers verändern, ohne seine Elasticität zu verändern, so dass also entsprechend der Lagerung der wägbaren Atome eine ähnliche Lagerung der Aetheratome bewirkt würde. Gegen diese so zu sagen krystallisirte Anordnung des Aethers spricht sich u. A. Séquin sehr ausführlich aus. Oder man nimmt an, dass zwar die Dichtigkeit des Aethers ungeändert bliebe, sein Elasticitätszustand dagegen durch die Einwirkung der Körperatome verändert würde, was sich mit der Grassmann'schen Annahme der *E*paare vereinigen lässt.

Solche Differenzen würden sich noch mehrere aufzählen lassen, indessen gewinnen dieselben erst in der Optik Bedeutung, wo der Einfluss der einen oder anderen Annahme auf die einzelnen Phänomene geprüft werden kann.

Im Grossen und Ganzen sind nun diese von der Optik entnommenen Ideen auch für die übrigen Theile der Physik acceptirt worden. Für die Wärme erwies sich die Annahme des Aethers zur Erklärung der Phänomene der strahlenden Wärme als eben so nothwendig wie für das Licht. Die Hauptschwierigkeit für die Wärmelehre besteht aber darin, die beiden in der Erscheinung so verschiedenen Gebiete: des Wärmezustandes der wägbaren Materie und der Wärmeverbreitung im Raume einem einzigen Principe unterzuordnen. In dieser Aufgabe hat sich nun die atomistische Hypothese wiederum bewährt, indem in der angenommenen Hypothese von der Doppelnatur der Materie wie man sagen kann, von den wägbaren Atomen oder dem Unendlichkleinen erster Ordnung und den unwägbaren Aetheratomen oder dem Unendlichkleinen zweiter Ordnung, die Möglichkeit liegt, beide Klassen der Wärmephänomene zu vereinigen.

Die Wärmephänomene, Temperatur, Ausdehnungszustand, Aggregatzustand, specifische Wärme u. s. w., welche wir an der ponderablen Materie erkennen, werden als Bewegungserscheinungen der ponderablen Atome in der mechanischen Wärmetheorie aufgefasst. Solche Bewegungen müssen aber nothwendig auf die Aetheratome des Aethers einwirken und werden somit die Strahlungserscheinungen der Wärme hervorrufen. Ebenso ergiebt sich die Möglichkeit, dass die in dem Aether eines Körpers eingeleiteten Bewegungen sich auf die wägbaren Atome übertragen und an ihnen die gewöhnlichen Wärmephänomene hervorzubringen vermögen.

So scharfsinnig in der mechanischen Wärmelehre von Clausius, Krönig, W. Thomsen, Rankine, Tyndall u. A. die Wirkungen der Wärme in der ponderablen Materie aus den Bewegungen der materiellen Atome und Molekule erklärt werden, so wenig ist es bisher gelungen, den Einfluss dieser Bewegungen

auf die Aetheratome im Einzelnen der Art nachzuweisen, dass hierdurch bestimmte Ansichten über die Beschaffenheit des Aethers gewonnen wurden.

§. 235. Die physischen Kräfte.

Zum Schlusse nur noch einige Bemerkungen über den Begriff der „Kraft". Dieser Ausdruck Kraft ist in dem Vorhergehenden vielfach benutzt worden als der Begriff dessen, wodurch die Materie sich erkennbar macht. Wir schieden in der Idee dieses wirksame Princip, die Kraft, von dem Medium, an dem wir es bemerken, der Materie, obwohl eine Trennung von Kraft und Materie uns nirgend in der Natur vorkommt. Diese ideelle Trennung der Begriffe wird, wenn man auch schliesslich zu der Ueberzeugung der Identität gelangen sollte, doch aufrecht zu erhalten sein, so lange das wirksame Princip „Kraft" in seinen mannigfaltigen Erscheinungsformen nicht völlig erkannt ist als abhängig von bestimmten Anordnungen seines Wohnsitzes, der Materie.

Eine scharfe Feststellung des Begriffes der Kraft hat übrigens bedeutende Schwierigkeiten, wenn auch die gewöhnliche Definition: „Kraft ist das, was Bewegungen hervorruft oder hindert oder ändert", in den meisten Fällen kein Missverständniss erzeugen wird.

In der Kette der Erscheinungen der Natur, welche wir, als durch Ursache und Wirkung mit einander verbunden, zu erforschen suchen, spielt die „Kraft" die Rolle eines Zwischengliedes, ohne welches aus Ursache eine Wirkung nicht erfolgen könnte, welches aber ebenso wenig allein als Ursache bezeichnet werden kann. Eine Wirkung setzt voraus, 1) dass zwei Dinge vorhanden sind, deren gegenseitiges Verhältniss wir beobachten, 2) dass in diesem Verhältniss eine Aenderung eintritt, 3) dass zwischen den beiden Dingen eine Beziehung stattfindet, welche die Möglichkeit einer gegenseitigen Wirkung bedingt, und dieses Letztere ist es, was wir „Kraft" nennen.

Ist nun im Bereiche der Natur immer jedes Ding (Materie), an dem wir Veränderung (Bewegung) in Bezug auf ein anderes Ding beobachten und das Gesetz dieser Veränderung untersuchen wollen, mit jener Möglichkeit der Wechselbeziehung zu anderen Dingen (Kraft) verbunden, so haben wir, da nur eine unveränderlich vorhandene Materie angenommen wird, auch nur eine unveränderlich vorhandene Kraft.

Das, was wir in den speciellen Erscheinungen als die wirkenden Kräfte bezeichnen, sind dann nur Einzelfälle, besondere Formen, in denen die Kraft auftritt, wenn zwischen den Dingen aus Anlass eines von Ursprung an eingeleiteten Anstosses eine bestimmte Lage herbeigeführt worden ist.

Ein solcher ursprünglicher Anstoss, eine erste Einleitung zur Aenderung der Lage der Dinge muss allerdings ausserhalb der Materie und ihrer Kräftebeziehungen angenommen werden. Dann aber werden alle Bewegungserscheinungen der Natur nur Folge davon sein, dass die unveränderliche Materie mit ihren unveränderlichen Kräften in fortwährend sich ändernde räumliche Beziehungen gelangt.

Der Satz von der Unveränderlichkeit der vorhandenen Kraft in der Natur,

den Helmholtz zuerst mit voller Schärfe ausgesprochen hat, liegt also in der Annahme, dass der unzerstörbaren Materie eine unzerstörbare Kraft beiwohnt. Der Beweis für die Gültigkeit dieses allgemeinsten Naturgesetzes kann aber nur dadurch geführt werden, dass man die unendlich mannigfaltigen Formen, in denen die Erscheinungen auf jenes Band zwischen den Dingen, auf die Kraft, hinweisen, auf ein gemeinsames Maass zurückführt.

Unterscheiden wir auch in den verschiedenen Abschnitten der Naturlehre Kräfte mit verschiedenen Namen nach dem nächsten Ursprunge, dem sie zu entstammen scheinen: mechanische, chemische, elektrische, organische u. s. w. Kräfte, so zeigt doch die Erfahrung, wie eine Kraftform in die andere umgewandelt werden kann, die eine in der Erscheinung verschwindet, um eine andere hervortreten zu lassen.

Wie nun diese Umwandlung erfolgt, so, dass hierbei von der Grösse der vorhandenen Kraft nichts verloren geht, wodurch wir also zur Ueberzeugung „von der Erhaltung der Kraft" gelangen, dies setzt ein Urtheil über die Grösse einer Kraft, ein Maass der Kraft voraus.

Für die Kräfte, welche die Ortsveränderung der Massen bewirken und welche Gegenstand der Mechanik sind, hat Newton zuerst das Maass festzustellen gelehrt, indem er nachwies, dass die Kraft zu beurtheilen sei nach der Grösse der räumlichen Bewegung, nach der Grösse der bewegten Masse und nach der Zeitdauer ihrer Wirkung.

Die Erfahrung gab immer mehr die Ueberzeugung, dass alle Erscheinungen auf Bewegungen zurückgeführt werden müssen, dass auch die Beharrungszustände der Körper durch einander zeitweise aufhebende Bewegungen veranlasst sind, dass man also die Kräfte in zwei Gruppen theilen könne, in solche, die sich in den Bewegungen äussern (lebendige Kräfte), und solche, welche durch augenblicklich entgegenwirkende Kräfte im Gleichgewichte erhalten werden (Spannkräfte). So wurde der Versuch gemacht, die Newton'schen mechanischen Principien für das Maass der Kräfte auch auf jene Bewegungen anzuwenden, die sich unserer Sinneswahrnehmung entziehen und nur durch Schlussfolgerungen zu erkennen sind.

Das Verdienst, diesen Schritt für eine der Kraftformen, für die Wärme, zuerst gethan zu haben, gebührt J. R. Mayer (1842). Ausgehend von der Thatsache, dass Wärme und Bewegung sich in einander verwandeln können, suchte er zu bestimmen, wie viel mechanische Bewegung hervorgebracht werden müsse, wenn eine bestimmte Wärmemenge aufgewendet wird, oder umgekehrt wie viel Wärme eine bestimmte in Wärme verwandelte mechanische Bewegung erzeugen müsse. So gelangte er zu einer Gleichung zwischen zwei so ungleichartigen Kraftformen, der Wärme und der mechanischen Arbeitskraft, die in einer Zahl: dem mechanischen Aequivalente der Wärme, auszusprechen war. Auf dem Gebiete der Wärmelehre hat dieser neue Grundsatz sich als ausserordentlich fruchtbar bewiesen und zur Begründung der mechanischen Wärmetheorie geführt, in welcher alle Erscheinungen der Wärme auf bestimmte, dem Maasse nach mit mechanischen Bewegungen zu vergleichende Bewegungen der kleinsten

Körpertheile zurückgeführt werden. In dem Abschnitte der Wärmelehre wird daher auf dieses Princip näher eingegangen werden müssen.

Helmholtz zeigte nun aber als der Erste (1847), dass der gleiche Grundsatz für alle Erscheinungsgebiete seine Geltung haben müsse, jede Umwandlung einer Bewegung, welcher Art sie sei, eine gleichwerthige Bewegung einer oder mehrerer Arten hervorrufen müsse, so dass die Kraft, welche für die vernichtete Bewegung aufgewendet war, nun in gleicher Grösse in einer oder mehreren Formen zusammen zum Vorschein kommen müsse.

Ist auch dieser Grundsatz, von der Erhaltung der Kraft, auf anderen Gebieten als der Wärmelehre erst zu beschränkterer Anwendung und Beweisführung gelangt, so besteht doch kein Zweifel an seiner allgemeinen Gültigkeit; die grossen räumlichen Bewegungen, deren Abhängigkeit von bestimmten Gesetzen wir kennen, wie die Bewegungen der kleinsten Körper- und Aethertheile, deren verwickelte Gesetze noch vielfach dunkel sind, alle stehen unter diesem Principe, alle werden sich zurückführen lassen auf ein gemeinsames Maass der physischen Kraft, die im unendlichen Wechsel der Erscheinung in ihrer Summe unveränderlich dieselbe bleibt.

Die Besprechung der verschiedenen Formen der Kraft und die Durchführung jenes obersten Grundsatzes von der Erhaltung der Kraft in ihrem Formenwechsel muss den verschiedenen Abschnitten der Naturlehre vorbehalten bleiben.

Literatur zu Kapitel V.

§. 236. A. Die Eigenschaften der Materie.

a. Undurchdringlichkeit.

Th. Young lect. II. 378* (ältere Literatur, wobei die Undurchdringlichkeit der Materie als eine Kraft aufgefasst ist, welche den fremden Körper zurückstösst; *impenetrability* und *repulsion* als gleichbedeutend gesetzt).

Hooke *on the compression of glass. Birch. hist.* I. 129; *lectures of spring. Cutler lect.* 1678.

Huyghens *Cause of the quicksilvers remaining suspended far above the usual height in the Torricellian experiment. Phil. Trans.* 1672. No. 86 (Hypothese eines Aethers).

Robison *Mech. philos.* Vol. I. *Corpuscular action art.* 241 (tausend Pfund Druck auf den Quadratzoll einer Glasplatte auszuüben, um dieselbe einer anderen, durch Coconfäden getrennten nahe zu bringen).

Varignon *Expériences sur la dureté des corps. Hist. et Mém. de Par.* II. 70*. *Conjectures sur la dureté des corps* ibid. X. 49*.

Homberg *Observations sur le changement de quelques liqueurs dans le vide. Hist. et Mém. de Par.* II. 183*.

Hawksbee *On the degree of contact of a body immersed in a fluid. Philos. Trans.* 1709. XXVI. 306*.

Hambergerus de experimento Huygenii. Jena 1723. 4°.

Desaguliers *On the cause of elasticity. Phil. Trans.* 1739. XLI. 175.

Molières *Explication physique et mécanique du choc des corps à ressort. Hist. et Mém. de Par.* 1726. 7. *Hist.* 53.

Hansen programmata de reactione. Lips. 1740. 41.

Richmann Nov. Comment. Petrop. I. 276 (Kraft des Wassers beim Frieren).

Nollet *Expériences et observations faites en différens endroits de l'Italie. Hist. et Mém.* 1749. 406. *Hist.* 15 (Glasgefäss, scheinbar durch Poren des Glases gefüllt).

Cossigny *Expériences réitérées pour assurer que les filtrations de l'eau de mer au travers des pores du verre sont possibles. Mém. de math. et de phys. de l'Ac. de Paris* III. 1 (1753).

Hollmannus de experimento Florentino. Commentationum Sylloge 34. Comm. Gott. 1764—84.

Canton *On the compressibility of water. Philos. Trans.* 1762 p. 640. 1764 p. 261.

Herbert de aquae elasticitate. Viennae 1774. 8°.
E. A. W. Zimmermann Ueber die Elasticität des Wassers. Leipzig 1779*. (Hierin ausführliche Literatur über die Versuche zur Bestimmung der „Härte" [Undurchdringlichkeit] und Elasticität des Wassers.)
Mongez *Sur les molécules des liquides et sur leur compressibilité.* Rozier *Observ. sur la phys.* XI. 1* (1778).
J. Bernoulli *Lettre sur l'élasticité.* Rozier *Observ. sur la phys.* XXI. 463* (1782).
Deluc *sur les fluides expansibles.* Rozier *Observ. sur la phys.* XLIII. 20* (1793).
Barruel *Sur l'élasticité. Journ. de phys.* XLIX. 251* (1799).
Libes *Théorie de l'élasticité, appuyée sur des faits, confirmée par le calcul. Journ. de phys.* XLIX. 413* (1799).

b. Porosität.

Muncke Art. Porosität in Gehl. n. Wört. VII. 876* (1834), woselbst verschiedene Experimentalbeweise für die Existenz feiner Zwischenräume mitgetheilt und literarisch nachgewiesen werden. Insofern die Porosität nicht wahrnehmbar ist, sondern aus der Absorption und Diffusion sowie der Comprimirbarkeit geschlossen wird s. a. d. Lit. sub a und Muncke Art. Compressibilität und Compressionsmaschine Gehl. n. ph. W. II. 213. 220 (1826) Art. Absorption ebend. I. 40.
Newton *Optice* Lib. II. pars III. prop. VIII (Betrachtungen über die verhältnissmässige Grösse der Poren).
Fraunhofer (Gesetze des Lichts und ihre Theorie, worin Folgerungen über die Grösse der Poren gemacht werden). Gilb. Ann. LXXIV. 337. 366 (1824).

c. Theilbarkeit.

Th. Young lect. II. 378* Literatur.
Muncke Art. Theilbarkeit Gehl. n. ph. W. IX. 709*; Art. Dehnbarkeit ebend. II. 505*.
Brisson *Dict. raisonné de physique* Art. *Ductilité.*
Beispiele weit gehender Theilbarkeit s. in den Lehrbüchern von s'Gravesande, Musschenbroek u. s. f.; ferner in:
Keil introductio etc. lect. V. p. 43 seq. (asa foetida) de materiae divisibilitate infinita. Phil. Trans. (1714) XXIX. 82.
Boyle de mira subtilitate effluviorum in Opp. Genev. 1680. 4°. Cap. V. p. 15 (Ambra, Muskatnuss etc.).
Halley *On the thickness of gold on wire. Phil. Trans.* IV. 194 (1693); XVI. 540. *Misc. curiosa.* Lond. 1705 p. 246.
Réaumur *Expériences et réflexions sur la prodigieuse ductilité de diverses matières. Hist. et Mém.* 1713 p. 199*; *Hist.* p. 9 (Feinheit des Goldes auf Drähten etc.).
Albinus de phosphoro solido et liquido. Franc. ad Viad. 1688. 4°.
Ch. Wolf Vernünftige Gedanken etc. Halle 1723. I. §. 3 S. 3.
Ueber mechanische Theilungen s. oben die Literatur zu §. 178 S. 538 seq.
Ueber die feine Vertheilung der Materie bei den Prüfungen durch die chemischen Reagentien s. die chemischen Lehrbücher, ferner:
G. Kirchhoff und R. Bunsen chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen. Pogg. Ann. CX. 161* (Ein Milliontel Milligramm Natronsalz zu erkennen).
F. Schulze Die Sedimentärerscheinungen etc. Pogg. Ann. CXXIX. 366 seq. (mechanische Wirkung einer sehr dünnen Leimlösung).

d. Trägheit. Beharrungsvermögen.

Th. Young lect. II. 379 Literatur.
Littrow Art. Trägheit in Gehl. n. ph. W. IX. 1075*.
Descartes princ. phil. II. §. 37 (fasst die Trägheit als eine der Materie innewohnende Kraft auf, — *vis inertiae*).
Newton princ. phil. nat. Lib. I. (Scharfe Feststellung des Begriffes der Trägheit: *corpus omne perseverat in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogatur illum statum mutare.* — Hierdurch wurde die Trägheit der Materie als ein Axiom hingestellt.)
L. Euler *Recherches sur l'origine des forces. Mém. de Berlin* 1750 p. 418 (428 Trägheit abgeleitet aus der Undurchdringlichkeit).
Kratzenstein amolitio vis inertiae et vis repulsivae. Hannov. 1770. 8°.
(Als eines der Principien der Mechanik ist über das Beharrungsvermögen ausserdem in den Lehrbüchern der Mechanik nachzusehen.)

e. Aggregatform.

TH. YOUNG *lect.* II. 383* *fluidity of liquids and firmness of solids*, ältere Literatur.
GMELIN Art. Verwandtschaft. D. b. Aggregatzustände in Gehl. n. ph. W. IX. 1937* (1840).
MUNCKE Art. Flüssigkeit. Gehl n. ph. W. IV. 475* (1827).
MUNCKE Art. Gas. C. Wesen der Gasform. Gehl. n. ph. W. IV. 1048* (1828).
R. BOYLE fluiditatis et firmitatis historia. *Works* I. 240. London 1665. Fol.
H. F. LINK Ueber Festigkeit und Flüssigkeit. Gilb. Ann. XXV. 133*.
H. F. LINK Theorie der Festigkeit und Flüssigkeit und Beziehung derselben auf Elektricitätserregung und auf Begründung chemischer Erscheinungen. Gilb. Ann. XLVII. 1.
H. F. LINK Ueber die Festigkeit der Körper. Pogg. Ann. VIII. 25*. 151*. 283* (1826).
H. F. LINK Ueber die Entstehung der Krystalle. Pogg. Ann. XLVI. 258* (1839).
* H. F. LINK Ueber die Bildung der festen Körper. Berlin 1841. 8°. (mit französischer Uebersetzung).
AMONTON *Journ. de phys.* 1799. II. 231. 413 (Ausdehnung der Gase durch die abstossende Kraft der Wärme — Vorläufer von LA PLACE).
LA PLACE *Ann. de ch. et de ph.* XVIII. 181. 273. XXI. 22 (Wärme als repulsive Kraft in den Gasen wirkend).
R. BOYLE *new experiments.* Oxford 1660 (BOYLE'sches Gesetz).
MARIOTTE *Essay sur la nature de l'air.* Paris 1676 (MARIOTTE'sches Gesetz).
LE SAGE's Theorie in: *Notice sur la vie et les écrits de George Louis le Sage de Genève.* Paris et Genève. 1 Vol. 8°. (Atome der Gase in unaufhörlicher fortschreitender Bewegung. Dieselbe Idee schon früher angedeutet; neuerdings ausgebildet von KRÖNIG, CLAUSIUS u. A.; s. unten die Literatur sub B. a. und B. b.)
(Die Literatur übrigens in den Bänden über die Mechanik und bei der Wärmelehre, ferner unten sub B. Molekularphysik.)

f. Allgemeine Anziehung.

1. Gravitation, Natur und Gesetz derselben.

(Ausser in den Lehrbüchern der Astronomie und Mechanik)
TH. YOUNG lect. II. 379* die ältere Literatur.
BRANDES Art. Gravitation. Gehl. n. ph. W. IV. 1614* (1828).
MUNCKE Art. Anziehung und Abstossung. Gehl. n. ph. W. I. 321* und I. 420* (1825).
Encyclop. méthodique. Physique. Art. *Attraction.*
DAV. GREGORII Astronomiae phys. et geom. elementa. Oxon. 1702. Fol. Genev. 1726. 2 Vol. 4°. (Angabe, dass schon bei den Alten der Begriff der Anziehung der Materie bestand).
ROBERVAL Aristarchi Samiti de mundi systemate lib. sing. Paris 1644 (Idee von der Anziehung der Materie).
NIC. COPERNICUS de revolutionibus orb. coel. I. cap. 9 (das Bestreben der Körper, Kugelgestalt anzunehmen = Schwere).
BACO VON VERULAM nov. organon II. cap. 36 (Anziehung als allgemeine Naturkraft).
KEPLER Astronomia nova (in der Einleitung die Schwere als gegenseitige Affection verwandter Körper zur Vereinigung).
HOOKE *An attempt to prove the motion of the earth.* 1674. 4°. In den *Philos. Trans.* 1679. (Anziehung in allen Körpern, wächst mit der Annäherung; beharren in geradliniger Bewegung).
NEWTON *princ. philos.* (im J. 1683 erste Aufstellung und Durchführung des Gesetzes der Gravitation; Erklärung der KEPLER'schen Gesetze nach der Gravitationstheorie).
NEWTON *A treatise of the system of the world.* London 1728 in opusc. II. 21. (Identität der Schwere und Gravitation. Die Experimentalbeweise hierfür in den Versuchen über die Ablenkung des Lothes und der Wasserwage [BOUGUER, CONDAMINE, MASKELYNE, VON ZACH etc.], über die Anziehungen an der Drehwage [CAVENDISH, F. REICH, FR. BAILY etc.])
HUYGHENS de causa gravitatis. Op. rel. Amst. 1728. I. 93 (*Discours sur la cause de la pésenteur.* Leyde 1690 [für die Cartesianische Theorie]).
BERNOULLI *Nouvelles pensées sur le système de Descartes* in *Opp.* Lausanne et Genève 1742. 4°. III. 138 u. 299 (für die Cartesianische Theorie).
BULFINGER de causa gravitatis physica generali disquisitio experimentalis. Paris 1728. 4°. Rec. d. p. de prix II. Bulfingeri Varia 128* (für die Cartesianische Theorie).
MACLAURIN *An account of Sir* J. NEWTON's *philosophical discoveries.* London 1748. Lib. I. cap. 1 (Attraction keine wesentliche Eigenschaft der Materie, sondern soll nur die Erscheinung bezeichnen).
L. EULER in den *Lettres à une princesse d'Allemagne. Lettre* 68 (Attraction keine nothwendige Eigenschaft der Materie).

J. T. Mayer de affinitate chemica corporum coelestium. Comm. Soc. Gott. XVI. 31.
W. Thomsen *Note on gravity and cohesion. Edinb. Journ.* (2) XVI. 146 (nur Newton'sche Gravitation anzunehmen, die Annahme einer besonderen Cohäsionskraft überflüssig).

2. Ableitung von Theorien über die Anziehung von bestimmten Körpern.

(Ausser in den Lehrbüchern der Astronomie und Mechanik)
Newton *princ. philos.* (1686) Lib. I. sect. 12* (Anziehung einer Kugel).
Newton ibid. sect. 13. prop. 91. cor. 2 u. 3* (Anziehung eines Sphäroides).
Fermat in Mersenne harmonia universalis II. 12 (richtige Bestimmung der Anziehung auf einen innerhalb einer Kugel liegenden Punkt).
Laplace *Mém. de l'Ac. d. sc.* 1782. 120 (Hohlkugel).
Ivory *On the attractions of homogeneous ellipsoids. Phil. Trans.* 1809. I. 345.
C. F. Gauss theoria attractionis corporum sphaeroidicorum ellipticorum homogeneorum methodo nova tractata. Gott. 1813.
Poisson *Traité de méc.* II. 25. 323. 325 (Kugel, Hohlkugel).
J. A. J. Cousin *De l'action mutuelle des corps lorsqu'elle résulte des attractions de toutes les parties qui les composent. Introd. à l'étude de l'astr. phys.* Paris 1787. 4°. Cap. IV.
Steiner *Démonstration géométrique d'un théorème relatif à l'attraction d'une couche ellipsoidique sur un point extérieur.* Crelle's Journ. XII. 141.
C. G. J. Jacobi Ueber die Figur des Gleichgewichts. Pogg. Ann. XXXIII. 229* (1834).
G. B. Airy *On the figure of a fluid homogeneous mass. Trans. Cambr. Soc.* 1827. II.
Poisson *Mémoire sur l'attraction d'un ellipsoide homogène. Mém. de l'Ac. d. Par.* 1833. XII.
Poisson *Note relative à l'attraction d'un ellipsoide heterogène. Conn. d. t. pour 1837.* Paris 1834.
J. Plana *Réflexions sur la théorie de l'équilibre et du mouvement des fluides qui recouvrent un sphéroide solide à peu près sphérique.* Genèv. 1821.
J. Plana *Sur l'état d'équilibre de l'ellipsoide fluide à trois axes inégaux.* Astr. Nachr. XXXVI. No. 850.
J. Plana *Sur la loi des pressions et la loi des ellipticités des couches terrestres.* Astr. Nachr. XXXVI. No. 860.
J. Ivory *On such ellipsoids consisting of homogeneous matter as are capable of having the resultant of the attraction of the mass upon a particle in the surface and a centrifugal force caused by revolving about one of the axes made perpendicular to the surface. Phil. Trans.* 1838 p. 57*.
*C. F. Gauss Allgemeine Lehrsätze in Beziehung auf die im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernungen wirkenden Anziehungs- und Abstossungskräfte. Result. u. Beob. d. mgn. Ver. 1839. Leipzig 1840.
C. O. Meyer de aequilibrii formis ellipsoidicis. Crelle's Journ. XXIV. No. 6 (1842).
C. Ramus Om Ellipsoiders tiltraekning. Danske Vid. Selsk. XII. 3 (1846).
J. Liouville *Sur la loi de pésanteur à la surface ellipsoidale d'équilibre d'une masse liquide homogène. Journ. d. math.* VIII. 360.
J. Liouville *Formules générales relatives à la question de la stabilité de l'équilibre d'une masse liquide homogène. Journ. d. math.* 1855 p. 164.
*E. Roche Intensität der Schwere auf dem Ellipsoid. Lieb. u. Kopp's Jahresb. f. 1849 S. 70; *l'Inst.* 1849. No. 252.
*Schlömilch Der Attractionscalcul. Halle 1851.
*R. Clausius Die Potentialfunction und das Potential. Leipzig 1859. 8°.
*L. Matthiessen Neue Untersuchungen über frei rotirende Flüssigkeiten. Kiel 1859. 4°. (hierin sehr vollständige Literatur, namentlich über das Problem der Figur der Erde und über Gleichgewichtsfiguren).

3. Schwere. Erdanziehung. Absolutes Gewicht.

Newton *princ. phil. nat.* Lib. III. prop. VI. theor. 6 (gleiche Schwere der Materie).
Bessel Astron. Nachr. 1832. No. 223 (Versuche zum Nachweise der gleichen Schwere der Materie).
Newton *princ.* Lib. I. prop. LXXIII (Abnahme der Schwere von der Erdoberfläche aus).
la Place *mécan. cél.* Lib. III. chap. 2 (desgleichen).
Newton *princ.* Lib. I. prop. XCI. coroll. 3; Lib. III. prop. XIX (Abnahme der Schwere wegen der Abplattung).
P. Frisi De gravitate universali corporum Lib. III. Mediol. 1768. Lib. II. cap. 2 (Zusammenstellung der Untersuchungen über Aenderung der Schwere wegen der Abplattung).
Bohnenberger Astronomie. S. 197 (geometrische Darstellung von der Aenderung der Schwere wegen der Abplattung).

Kratzenstein statera geographica et nautica Nov. Comm. Petr. II. 240 (Federwaage zur Messung der Aenderung der Schwere. — Ein seitdem öfters wiederholter Vorschlag).
(Ueber die Massenanziehung der Erde handeln ausser den sub 2 angeführten und bei Matthiessen citirten Schriften über die Figur der Erde noch die zahlreichen Abhandlungen über die Dichtigkeitsbestimmungen des Erdkörpers, worüber die Literaturangaben in dem Art. Erde in Gehl. n. ph. W. III. 944* und XI. 160*.)

4. Specifisches Gewicht.

(Ausführliche Literatur kann erst in dem betreffenden speciellen Abschnitte der Encyklopädie gegeben werden. Hier folgen nur einzelne Citate zur allgemeinen Orientirung.)

α. Methoden zur Bestimmung des specifischen Gewichts.

Ueber die Volumenmessungen, welche zur Ermittelung des specifischen Gewichts zu benutzen sind, s. die Literatur zu §. 181, S. 572 seq.

a. Ueber Bestimmung des specifischen Gewichts im Allgemeinen.

Th. Young lect. II. 231* ältere Literatur.
Muncke Art. Aräometer in Gehl. n. ph. W. I. 349* (1825) Art. Gewicht, specifisches ibid. IV. 1493* (1828) (mit vieler Literatur).
Poggendorff Art. Aräometer im Handwörterbuch der Chemie I. 456* (1842).
Schubarth Art. Aräometer. Repertorium der technischen Literatur S. 20 (Literatur bis 1856)*.
P. T. Meissner Die Aräometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik. Wien 1816. Fol.
*A. Baumgärtner Aräometrie oder Anleitung zur Bestimmung des specif. Gewichts und zur Verfertigung genauer Aräometer für Chimisten und Technologen. Wien 1820.
*R. Kohlrausch Praktische Regeln zur genauen Bestimmung des specifischen Gewichts. Marburg 1856. 8°.
Schaffgotsch Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper durch Schweben. Pogg. Ann. CXVI. 279 (1862)*.

b. Bestimmung durch Gefässe constanten Inhalts.

Homberg *Mém. de l'Ac. de Paris* 1699 p. 44 (erste Angabe der Methode).
J. Gesner dissertatio de hydroskopio constantis mensurae. Zuric. 1754. — Physisch-mathem. Untersuchungen des Maasses und des Nutzens der Hydroskopien. Wien 1771. 8°.
G. F. Parrot Physik I. 301 (1809) (Anwendung auch für feste Körper).
Schafhäutl die aräometrische Pipette. Dingl. pol. Journ. CIX. 209.

c. Hydrostatische Waage.

(im engern Sinne, d. h. eine Waage, die zur Abwägung der Körper in Flüssigkeiten eingerichtet ist; im weitern Sinne sind öfter die verschiedenen Klassen der Aräometer hydrostatische Waagen genannt worden).
Die hierher gehörige Literatur s. oben zu §. 182 S. 592 seq., zu §. 183 S. 601 seq. und zu §. 184 S. 606 seq.

d. Aräometer mit Auflagegewichten.

(Zuerst empfohlen von Monconi [† 1665], dann in der jetzigen Form von Fahrenheit.)
Monconi in *Birch hist.* I. 257.
Fahrenheit *Philos. Trans.* XXXIII. 140.
Nicholson in *Manchest. Mem.* II. und Hauy *traité de minéralogie*. Paris 1801. I. 210* (Einrichtung auch zur Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper. Hydrometer).
Charles in *Biot's traité de physique* I. 433* (Verbesserung des Nicholson'schen Aräometers *aréomètre-balance*).
Baumgärtner Jahrb. des polyt. Instituts. XII. 96* (Verbindung des Nicholson'schen und Skalen-Aräometers).

e. Aräometer mit fester Skala.

(Schon im Alterthume bekannt; diese Instrumente, welche in der Praxis vielfach benutzt werden, um aus dem specif. Gewichte von Flüssigkeiten auf die Qualitäten derselben zu schliessen, haben theils hiernach, theils nach den Eintheilungsprincipien für die Skalen ausserordentlich viele Namen erhalten. In ersterer Beziehung giebt es Alkoholometer, Soolwaagen, Galaktometer, Glaucometer, Bierwaagen u. s. w.; in letzterer Beziehung unterscheidet man die Skaleneintheilungen nach Richter, Baumé, Cartier, Tralles, Atkin u. s. f. Die erste richtige Theorie zur Theilung von Skalen gab Brisson *Mém. de l'Ac.* 1788 p. 583.

Angaben über die verschiedenen Formen finden sich in den citirten allgemeinen Schriften. Ueber Theilungen der Skalen s. ausserdem:)
Francoeur Anweisung zur Fertigung der Aräometer mit Skalen. Dingl. polytechn. Journ. LXXXV. 349*.

f. Aräometer nach dem Principe communicirender Gefässe.

Musschenbroek *Introd.* II. §. 1395 (Erste Angabe eines solchen Instrumentes; durch einen Heber werden zwei verschiedene Flüssigkeiten aufgesaugt).
(Das Instrument mit einigen Verbesserungen seitdem oft empfohlen: Scannegatty [Hygroklimax], Mester [Panydrometer], Schiff [Densimanometer], ohne viel Beifall zu finden, s. eine neuere Construction in:)
Alexander Instrument zur Bestimmung des specifischen Gewichts. Pogg. Ann. LXX. 137*; Dingl. pol. Journ. CI. 97* (1846).

g. Bestimmung des specifischen Gewichts von Luftarten.

Biot *traité de phys.* I. 344 (Darstellung der üblichen Methode).
V. Regnault in *Expériences pour déterminer les principales lois etc.* Paris 1847. 4°. 3me *Mém. Détermination du poids du litre d'air.*
Marchand Methode, das specifische Gewicht von Luftarten zu bestimmen. Journ. f. prakt. Chemie XLIV. 38*.
Leslie in *Inquiry into the nature and propagation of heat.* London 1804. 8°. (bestimmt das specifische Gewicht von Gasen durch die Geschwindigkeit des Ausströmens derselben; ein auf diesem Principe beruhender Apparat ist neuerdings von dem Gastechniker A. Elster in Berlin construirt worden).

β. Angaben über specifische Gewichte.

Muncke Art. Gewicht, specifisches, in Gehl. n. ph. W. IV. 1506* (Gase), 1535* (Flüssigkeiten), 1553* (feste Körper) (1828).
E. L. Schubertн Sammlung physikalischer Tabellen. Berlin, 4. Ausg., 1841. 8°. S. 46*.
Poggendorff Tabellarische Uebersicht der Gase und Dämpfe, nach ihrer Zusammensetzung, Verdichtung und Dichtigkeit. Pogg. Ann. XLIX. 417*, 445* (1840); auch im Art. Dampf im Handwörterbuch der Chemie II. 478* (1842), wo überhaupt in allen Artikeln zahlreiche Angaben über specifische Gewichte zu finden sind.
Gmelin Handbuch der theoretischen Chemie. Frankf. 1827. I. 136.
*J. F. L. Hausmann Handbuch der Mineralogie. Band II. Göttingen 1845. 8°. (enthält sehr ausführliche Angaben über das specifische Gewicht der Mineralkörper).
Mader Specifisches Gewicht einiger Holzarten. Dingl. pol. Journ. CLXVI. 221*.

g. Molekularkräfte.

1. Cohäsion.

Th. Young *lect.* II. 380*. *Cohesion in general;* ältere Literatur.
Muncke Art. Anziehung. Gehl. n. ph. W. I. 336*; Art. Cohaesion: I. Theoretische Betrachtungen, ibid. II. 114*; II. Praktische Untersuchungen, II. 135* (s. auch die Literatur sub B. a. Constitution der Materie, und die betreffenden Bände der Mechanik in der Encyklopädie).
Newton *princ.* I. sect. XIII. prop. 85—87; *Optics quer. praef.* und *quer.* 23 (Cohäsion Anziehung nach höheren Potenzen).
G. H. Hamberger et Süssmilch Diss. de cohaesione. Jen. 1732 (Cohäsion eine eigenthümliche Kraft).
F. de Felice Disputatio de Newtoniana attractione unica cohaerentiae naturalis causa, advers. clar. Hambergerum. Jen. 1757. 4°.
Leop. de Nobili *sopra la identità dell' attrazione moleculare colla astronomica.* Modena 1818: *Brogn. Giorn.* S. 259.
Belli *riflessioni sulla legge dell' attrazione moleculare.* Padowa 1832 und Milano 1833. 4°.
F. Brünnow de attractione moleculari. Berol. 1843. 4°. (worin Literatur über die Streitfrage wegen des Gesetzes der Anziehung).
(Die neuere Literatur über die Discussion wegen des Zusammenhanges der Molekularkräfte s. in den Fortschr. d. Physik Abschnitt Molekularphysik.)

2. Adhäsion.

Newton *Opt. quer.* 31.
Musschenbroek diss. phys. Introductio ad cohaerentiam corporum firmorum. Lugd. Bat. 1727 p. 423* (ältere Experimente über Adhäsionserscheinungen).
F. Link Adhäsion der tropfbaren Körper mit einander. Gilb. Ann. XXIV. 121*; XXIV. 146*.

Laplace Theorie der Kraft, welche in den Haarröhren und bei ähnlichen Erscheinungen wirkt; frei übersetzt mit einigen Anmerkungen von Brandes und Gilbert. Gilb. Ann. XXXIII. 1* (1809).
(Hieran schliessen sich die Untersuchungen über Capillarität [s. Th. Young lect. II. 308* *Cohesion and capillary action of fluids* und Gehl. n. ph. W. II. 35* ältere Literatur], über Diffusion [Gehl. n. ph. W. I. 200*] und Absorption [Gehl. n. ph. W. I. 40*]. Ueber die reiche Literatur muss auf den Abschnitt Molekularphysik verwiesen werden.)

h. Chemische Anziehung. Affinität.

(Die umfassende Literatur über diesen die Physik nicht unmittelbar betreffenden, sondern nur in der Frage über die Gesetze der Molekularkräfte angehenden Gegenstand wird hier nicht mitzutheilen sein, sondern es genügen, auf die nachstehenden Abhandlungen und Schriften hinzuweisen. In denselben findet man theils eine Uebersicht über die ganze Reihe der Untersuchungen, betreffend die chemische Verwandtschaft, nebst den literarischen Nachweisen, theils die Behandlung einzelner controverser Punkte. Eingehende Erörterungen werden in den Lehrbüchern und Wörterbüchern der Chemie zu suchen sein.)
Gmelin Artikel Verwandtschaft. Gehl. n. ph. W. IX. 1857 seq. (1840).
L. Gmelin Handbuch der Chemie, 4. Auflage, herausgeg. von K. Kraut. Heidelberg. 7 Vol. 8°. (1865).
W. Beetz Artikel Verwandtschaft in Marbach's physikalischem Lexikon VI. 539* (1859).
H. Kopp Geschichte der Chemie Bd. II. S. 265 seq.
H. Kopp Artikel Verwandtschaft im Handwörterbuch der Chemie IX. 227* (1864).
H. Kopp Theoretische Chemie. Zweite Abtheilung des Lehrbuches der physikalischen und theoretischen Chemie von Buff, Kopp und Zamminer (Bearbeitung von Graham-Otto's Chemie). 2. Auflage. Braunschweig 1863*.
A. W. Hofmann Einleitung in die moderne Chemie. Braunschweig 1866*.
*A. Kekulé Lehrbuch der organischen Chemie. Erlangen. 2 Vol. 8°. 1864.
*Franz Schulze Lehrbuch der Chemie für Landwirthe als 4. Aufl. von Schübler's Grundsätzen der Agriculturchemie. Leipzig 1866. 8°.

§. 237. B. Ueber die Constitution der Materie und über die physischen Kräfte.

a. Constitution der Materie.

(Ueber die naturphilosophischen Systeme, in denen die Natur der Materie abgehandelt wird, s. a. oben die Literaturnachweise zu Kap. II.)

α. Ansichten der Alten in:

Cudworth systema intellectuale ed. Mosheim. Jen. 1733. Fol.
Charles Daubeny *An introduction to the atomic theory comprising a sketch of the opinions entertained by the most distinguished ancient and modern philosophers with respect to the constitution of matter*. Oxford 1831.
Muncke Art. Materie in Gehl. n. ph. W. VI. 1393* ff.
*Hutton im *Mathematical dictionary* Artikel *Matter* und *Element*.
*Baden Powell in der *Cabinet Cyclopaedia: history of natural philosophy*. London 8°.

β. Allgemeine Theorien (in den Lehrbüchern, Wörterbüchern u. s. w. und:)

*Huygens *Traité de la lumière*. Leide 1690. 4°. (Erste Hypothese eines Aethers als Träger des Lichtes neben der wägbaren Materie).
*Cartesius principia philosophiae. Amst. 1692. 4°. (in T. II. Theorie der Wirbel; die Ausdehnung, Undurchdringlichkeit und Trägheit sind Eigenschaften der Materie, welche den Raum ganz erfüllend, aus drei verschiedenen feinen Substanzen besteht).
Colini Mac Laurini expositio philosophiae Newtonianae. Lib. I. (Ueber die Alten, Cartesius und dessen Gegner).
Robert Boyle *On the usefulness of experimental philosophy*. Oxford 1671. 4°. (nimmt keine unveränderlichen Elemente an).
Hooke *lectures* 1666. 74. 78 (Anziehungskraft als Eigenschaft der Materie).
J. Bernoulli de gravitate aetheris. Amstel. 1683. Op. I. 45.
Newton's Ansichten in den *principiis* (1687) und in den Fragen zur Optik (1704).
Woodward *An essay towards the natural history of the earth*. London 1733. 8°. (Annahme ursprünglich qualitativer Verschiedenheit der Atome).
Desaguliers *Experiments to prove a vacuum*. *Philos. Trans.* 1717. XXX. 717.
Mazière *Rec. d. pièces qui ont remp. le prix I.* VI. (Ueber die Wirbel des Aethers).

N. N. de causa gravitatis. *Mém. de Berlin* 1743. VII. 360*.
L. Euler *Sur la nature des moindres parties de la matière.* Miscellanea Berol. 1745. Hist. p. 28*; auch: de resistentia aetheris in Opusc. I. 245 (Körperatome und Aetheratome).
L. Euler Nova theoria lucis et colorum in opusc. varii argumenti. Berol. 1746. 4°. p. 169 (Aufnahme der Huyghens'schen Hypothese des Aethers zur Erklärung der Phänomene des Lichts).
L. Euler *Recherches sur l'origine des forces Mém. de Berl.* 1750. 448* (Grundursache aller Kräfte ist die Undurchdringlichkeit der Körper).
Benvenutus physicae generalis synopsis. 1754.
Eller *Sur les élémens. Hist. et Mém. de Berlin* 1746. I. 25*; II. 3*.
Bossut *Sur la résistance de l'éther.* Charleville 1766. 4°.
Hiotzeberg *Sur la cause de l'attraction des corps. Rozier intr.* I. 527* (1771).
Comus *Sur le mouvement et les élémens de la matière. Roz.* VI. 420* (1775), VII. 462* (1776) (Materie und Aether als *fluide igné*).
de la Métherie *réflexions sur les élémens. Roz.* XVIII. 224* (1781).

γ. Boscovich's System; für und gegen dasselbe.

*Roger Joseph Boscovich in vielen Abhandlungen: de viribus vivis 1745; de lumine 1748; de lege continuitatis 1754; de lege virium in natura existentium 1755; de divisibilitate materiae et principiis corporum 1757; philosophiae naturalis theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium. Viennae 1759. 4°. (Physische Punkte als Centren von Kräften).
*Priestley *history of optics* (in der Uebers. von Klügel, Leipzig 1775. 76. II. 283, erwähnt der B.'schen Theorie als die Schwierigkeiten für Euler's Theorie des Lichtes am Besten beseitigend. Zugleich wird ein Engländer Michell genannt, der eine mit der B.'schen übereinstimmende Theorie ersonnen haben soll).
Priestley *disquisitions relating to matter and spirit.* London 1778. 8°. (für Boscovich).
Price *A free discussion of the doctrines of materialism and philosophical necessity.* London 1778 (gegen B. und für die reale Existenz ausgedehnter träger Materie).
Deluc in den *idées sur la météorologie* gegen B.
Robison *a system of mechanical philosophy.* Edinburgh 1822 (für B.).
Leslie im Artikel *On heat and climate. Ann. of philos.* XIV. 10* (1819) (für B.).
Dugald Stewart *philosophical essays.* Edinb. 1816 (für B.).
Faraday *quelques réflexions sur la conductibilité et sur la nature de la matière. Bibl. univ.* 1844. Vol. 51 p. 359*; *Philos. mag.* Febr. 1844.
Faraday *Idées sur les vibrations des rayons lumineux* in Moigno *Complément du répertoire d'optique* III. 1447* (Kraftcentren und Kraftlinien).
Airy *Remarques sur un article de M. Faraday relatif aux vibrations des rayons lumineux* in Moigno *Complément* III. 1454* (gegen F.).
Schönbein Ueber die Häufigkeit der Berührungswirkungen auf dem Gebiete der Chemie Basel 1843. 4°. (Kraftcentren).

δ. Kant's System, für und wider dasselbe.

J. Kant Metaphysicae cum geometria junctae usus in philosophia naturali, cujus specimen I. continet monadologiam physicam. 1756 (gesammelte Werke VIII. 409* cfr. Lotze in Gött. gel. Anz. 1855 S. 1096 und Langenbeck über Atom und Monade).
J. Kant Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft (1. Ausg. 1776. Continuität der Materie; Materie als das Bewegliche im Raume; Annahme ursprünglicher Dehnkraft und Ziehkraft).
J. C. de la Métherie *Sur le système des forces. Journ. de phys.* XLVII. (IV.) 383* (1795) (über K.'s System; Kräfte nicht unabhängig von der Materie zu betrachten).
Mollweide Anmerkung zur Abhandl. über die Newton'schen 7 Hauptfarben, in Gehl. J. d. Ph. I. 657* (1806).
Joh. Tob. Mayer Ob es nöthig sei, eine zurückstossende Kraft in der Natur anzunehmen. Gren's J. d. Ph. VII. 208* (1793) (führt die Repulsion auf die Wärme als auf eine elastische Flüssigkeit zurück). Vergl. de Lanis magisterium naturae, Brixiae 1684, T. II. p. 222: expansio seu dilatatio corporum fit per intrusionem alicujus subtilis materiae intra poros, qui dilatantur.
Gilbert in der Recension von Link's Naturphilosophie. Hall. allg. Lit. Zeit. 1807. 746*. 754*. 762*.
*Fr. Gottl. v. Busse Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaften von J. Kant in ihren Gründen widerlegt. Dresden u. Leipzig 1828. 8°. X. Leipz. Lit. Zeit. 1825. S. 2152.
(Sämmtliche gegen Kant.)
J. C. Fischer Physikal. Wörterbuch. Art. Grundkräfte und Materie.

J. F. Fries Entwurf des Systems der theoretischen Physik. Heidelberg 1813.
*J. F. Fries Die mathematische Naturphilosophie nach philosophischer Methode bearbeitet. Heidelberg 1822. 8⁰.
*F. Hildebrandt Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre. Erlangen 1807. 2 Vol. 8⁰.
F. Hildebrandt Ueber die Modification der Materie. Gehl. n. J. d. Ph. V. 605* (1805).
(Sämmtliche für Kant.)

ε. Die neuere physikalische Atomistik, ihre Vorläufer und Polemik gegen dieselbe.

Godwin Knight *Attempt to explain all the phenomena of nature by means of two principles.* London 1748. 4⁰. (Zweierlei materielle Atome, deren eine Klasse auf sich selbst anziehend, deren andere Klasse auf sich selbst abstossend wirkt, beide Klassen einander gegenseitig anziehen).
le Sage *Lucrèce Newtonien. Nouv. Mém. de l'Ac. de Berlin* 1782 (In den mit Kräften in einem ätherischen Stoffe begabten Atomen der Materie ist die Ursache aller Erscheinungen zu suchen; die Atome sind selbstthätig, gesonderte Kräfte existiren nicht).
Prevost *de l'origine des forces magnétiques.* Genève 1788. T. I. chap. 2. — *Deux traités de physique mécanique.* Genève et Paris 1818. 8⁰. (von Prevost und le Sage [nach le Sage's Theorie]). (S. a. die Anmerkung in Clausius Abhandl. über die mechanische Wärmetheorie II. 230*, wo auf noch zahlreiche Autoren hingewiesen wird, welche ähnliche Ideen wie le Sage ausgesprochen haben.)
E. Peart *On the elementary principles of nature and the simple laws by which they are governed,* Gainsborough 1789, 8⁰., übers. von Kühn: Versuch über die Urstoffe der Natur und ihre Gesetze, Leipzig 1791, 8⁰. (Unterscheidung einer fixen und einer thätigen Materie, letztere in Aether und Phlogiston zerfallend, Anziehung der gleichartigen, Abstossung der ungleichartigen Materie).

Th. Young *lectures* I. 605* *On the essential properties of matter* (rein empirischer Standpunkt, Zurückweisung aller Hypothesen über die Molekularbeschaffenheit der Körper).
L'Huilier *exposition des principes des calcules.* Berlin 1786. 4⁰.
Selle *Mém. de Berlin* 1796. II. 42.
Wall *On attraction and repulsion. Manchester Memoirs* II. 439 (Scheinbare Abstossung in den meisten Fällen durch besondere Anziehung zu erklären).
Gilbert Ueber die Anziehung verschiedener Körper untereinander. Gilb. Ann. II. 63* (1799).
Les causes matérielles de l'attraction dévoilées. London 1801. 12⁰.

---

*George Entwickelung einer neuen Theorie der Materie. Berlin 1850. 4⁰.
*A. Tellkampf Physikalische Studien. Hannover 1854. 8⁰. (Aeltere und neuere Ansichten über Wesen und Gestaltung der Materie [mit Literaturnachweisen], Atomistik und Dynamik).
*Ch. Sandmann Atomistik und Wärme als Bewegung der Massenatome. Stuttgart 1855. 8⁰.
*G. Decher Ueber Trägheit, Reaction und Kraft. Augsburg 1856. 4⁰.
de Claude Anfangsgründe der Physik. München 1856. 8⁰. (Alle Erscheinungen Vibrationen materieller Atome).
*Jolly Ueber die Physik der Molekularkräfte. München 1857. 8⁰.
*Langenbeck Ueber Atom und Monade. Hannover 1858 (historische Darstellung der monadologischen Ansichten von Leibnitz, Kant und Herbart).
*Max Drossbach Die Harmonie der Ergebnisse der Naturforschung mit den Forderungen des menschlichen Gemüths oder die persönliche Unsterblichkeit als Folge der atomistischen Verfassung der Natur. Leipzig 1858.
*M. Drossbach Die Genesis des Bewusstseins nach atomistischen Principien. Leipzig 1860 (ausgedehnte Atome mit mehreren Kraftsphären).
*J. H. Fichte Anthropologie, 2. Aufl. 1860 (qualitativ verschiedene untheilbare Urelemente).
Schyanoff *Essai sur la métaphysique des forces, inhérentes à l'essence de la matière.* Kiew 1857.
*Rob. Grassmann Die Atomistik. Erstes Buch der Lebenslehre oder der Biologie. Stettin 1862. 8⁰. (Atome = Kräftepunkte; Aether = paarweise Kräftepunkte).
*Carl Hullmann Das Grundgesetz der Materie. Oldenburg 1863. 8⁰. (Körperatome mit anziehenden, Aetheratome mit abstossenden Kräften).
*Schleiss v. Löwenfeld Physikalische Briefe, München 1858; neue Briefe, München 1861. 8⁰. (Annahme ausdehnsamer Atome).
*M. Stransky Grundzüge zur Analyse der Molekularbewegung. Brünn 1867. 8⁰.

*C. S. Cornelius Ueber die Bildung der Materie in ihren einfachen Elementen, oder das Problem der Materie nach ihren chemischen und physikalischen Beziehungen mit Rücksicht auf die sogenannten Imponderabilien. Leipzig 1856. 8⁰. (Atome als Kraftcentren).

*S. Šubic Grundzüge einer Molekularphysik und einer mechanischen Theorie der Elektricität und des Magnetismus. Wien 1862. 8⁰. (Atome und Atomgruppen; es giebt nur eine Kraft, die Anziehung, die Annahme von Repulsivkräften überflüssig).

*G. Th. Fechner Ueber die physikalische und philosophische Atomenlehre. Leipzig 1855; 2. Aufl. 1864. 8⁰. (in den Abschnitten XIII seq. lichtvolle Uebersicht der verschiedenen atomistischen Vorstellungen, welche in der Physik als Grundlage der Anschauungen benutzt werden. Der Abschnitt über die philosophische Atomenlehre enthält die ausführliche Darlegung der von F. vertretenen Ansicht über die Atome als Kräftecentren. Ausserdem historische Darstellung der verschiedenen Ansichten und reiche Literatur).

*P. E. Harder Das Molekulargesetz mit besonderer Anwendung auf das Wasser, den Wasserdampf und die Luft. Hamburg 1866. 8⁰.

---

*Laplace in *exposition d. syst. d. mond.* I. (Atome in grossen Zwischenräumen; haben gleiche Dichtigkeit und unterscheiden sich in den Körpern nur durch die Grösse der Zwischenräume bei ihrer Vereinigung zu *molécules intégrantes*; die materiellen Atome sind mit Wärmeatmosphären umgeben; jene sind mit Attractionskraft, diese mit Repulsionskraft ausgestattet).

*Poisson im *Journ. de l'école polyt.* 1820 cah. 20, in den *Ann. d. ch. et d. ph. deuxième série* Vol. 36—39 (in Vol. 38 p. 436: Die Körpermolekule ziehen sich gegenseitig an und gleichzeitig stossen sie sich vermöge der jedem Molekule eigenthümlichen Wärme ab; im natürlichen Zustande beide Kräfte im Gleichgewicht).

*Ampère *Sur la chaleur et sur la lumière considérées comme résultant de mouvemens vibratoires. Ann. d. ch. et d. ph.* LVIII. 432 (1835); *Bibl. univ.* XLIX. 225; *Cours du collège de France* 1835—36 (Unterscheidung von *particules, molécules* und *atomes;* die Atome haben anziehende und abstossende Kräfte, der zwischen den Atomen lagernde Aether erhält durch seine Vibration die Theilchen von einander fern. Mechanische Kräfte können nur die *particules* trennen; Schwingungen der Atome (durch Wärme) können die zusammengesetzten Molekule trennen, woraus die Aggregatzustände hervorgehen; chemische Kräfte können einfachere Molekule trennen. Die Atome sind absolut untheilbar).

*St. Venant *Mémoire sur la question de savoir s'il existe des masses continues et sur la nature probable des dernières particules des corps.* Paris 1844; *Soc. philom.* 1844, *séance du 20 Janv.; l'Inst.* 1844.

*Séguin *Considérations sur la détermination des conditions dans lesquelles devraient se trouver les molécules matérielles qui constituent le globe terrestre pour que les effets de la cohésion des corps cristallicés qui existent à sa surface pussent être expliqués par les lois de l'attraction Newtonienne. C. R.* XXVII. 314 (1848), XXXIV. 85 (1852), XXXVII. 703 (1853).

*R. Hoppe Ueber Bewegung und Beschaffenheit der Atome. Pogg. Ann. Bd. 104 S. 279 (1858).

de Colnet d'Huart *Leçons sur la théorie mathématique du mouvement de rotation des atomes.* Luxembourg 1866. 8⁰. 1ᵉʳ fasc.

(Ueber die Ansichten von der Constitution des Aethers, entnommen aus den Erscheinungen des Lichtes in den optischen Abhandlungen von Fresnel, Cauchy, Neumann, Jamin, Babinet u. s. f., s. Zusammenstellungen in Moigno *répertoire d'optique moderne* und in dessen *Cosmos* Vol. II.

Ueber Ansichten von der Körperconstitution, entnommen aus den hypothetischen Bewegungen der Atome, welche Wärme, Elektricität u. s. w. hervorrufen, s. unter b. Anwendungen des Princips von der Erhaltung der Kraft.)

b. Die physischen Kräfte, ihr Zusammenhang untereinander.

Muncke Art. Kraft in Gehl. n. ph. W. V. 956* (1830).

(Die ältere Literatur über mechanische Kräfte in Th. Young *lect.* II. 130 unter verschiedenen Rubriken der Mechanik: *motions of a point in general; composition of motion; accelerating forces; central forces; composed central forces* (1807).

Die Hauptliteratur über die mechanischen Kräfte: Discussionen über Unterscheidung der mechanischen Kräfte, die Untersuchung über die Gesetze der Kräfte, in den Lehrbüchern der Mechanik, Abhandlungen der Mechanik u. s. f. und in den betreffenden Bänden der Encyklopädie.)

Zusammenhang der Kräfte.

J. R. Mayer Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur. Ann. der Ch. und Pharm. 1842. XLII. 233* (enthält die Principien der mechanischen Wärmelehre).

J. R. Mayer Bemerkungen über das mechanische Aequivalent der Wärme. Heilbronn und Leipzig 1851* (Beide Abhandlungen auch in den gesammelten Schriften von J. R. Mayer, die Mechanik der Wärme. Stuttgart 1867*).
H. Helmholtz Ueber die Erhaltung der Kraft; eine physikalische Abhandlung. Berlin 1847* (Erste Aufstellung dieses Principes für alle Kräfte).
H. Helmholtz Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte (Vortrag). Königsberg 1854*.
A. Wüllner Ueber den Wechsel und die Erhaltung der Kraft (Vortrag). Münster 1860*.
*L. Natani Materie, Aether und lebendige Kraft. Berlin 1860. 8°.
W. R. Grove Die Wechselwirkung der physischen Kräfte; nach der 3. Auflage übers. von Russdorf. Berlin 1863*. 8°.
W. Pössnecker Die einheitliche Ursache aller Kräfteerscheinungen im Universum. München 1863*.
H. Buff Kraft und Stoff vom physikalischen Standpunkte (Vortrag). Giessen 1867*.
J. C. F. Zöllner Ueber die universelle Bedeutung der mechanischen Principien (Vortrag). Leipzig 1867*.
W. Wundt Die physikalischen Axiome und ihre Beziehung zum Causalitätsprincip. Erlangen 1866. 8°.
*C. S. Cornelius Ueber die Bedeutung des Causalprincips in der Naturwissenschaft. Halle 1867. 8°.
*Ursache und Wirkung. Ein Versuch. Cassel und Göttingen 1867. 8°.

Feststellung und Anwendung des Princips von der Erhaltung der Kraft.

S. Carnot *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance.* Paris 1824 (erster Satz zur mechanischen Wärmetheorie).
Joule *On the existence of an equivalent relation between heat and the ordinary forms of mechanical power. Philos. mag.* XXVII. 205*; Fortschr. d. Ph. I. 346*; ferner in *Manch. Lit. and Philos. Memoirs;* später abgedruckt in *Philos. mag.* 4th ser. XIV. 211 (erste Experimentalfeststellung des mechanischen Aequivalents der Wärme).
*C. Holtzmann Ueber die Wärme und Elasticität der Gase und Dämpfe. Mannheim 1844. 8°.
Buys-Ballot Schets eener Physiologie van het onbewerktuigde ryk der Natuur. Utrecht 1849; s. Fortschr. d. Ph. 1851 und B.-B.'s Abhandlung: Ueber die Art von Bewegung, welche wir Wärme und Elektricität nennen, Pogg. Ann. CIII. 240*; Denkschr. d. Königl. Niederl. Akad. Band V.
*R. Clausius Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie. Braunschweig 1864. 67. 2 Vol. 8°. (enthält die seit 1850 von C. publicirten Arbeiten über die mechanische Wärmetheorie und über andere Anwendungen des Princips der Erhaltung der Kraft).
*L. Wilhelmy Versuch einer mathematisch-physikalischen Wärmetheorie. Heidelb. 1851. 8°.
*A. Krönig Grundzüge einer Theorie der Gase. Pogg. Ann. Bd. 99 S. 315 (1856).
*J. H. Koosen Entwickelung der Fundamentalgesetze über die Elasticität und das Gleichgewicht im Innern chemisch homogener Körper. Pogg. Ann. Bd. 101 S. 401 (1857).
*J. Tyndall Die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung. Nach der 2. Aufl. des Originals herausgeg. von H. Helmholtz und G. Wiedemann. Braunschweig 1867. 8°. (enthält die Bearbeitung des ganzen Gebietes der mechanischen Wärmelehre und sehr reiche Literatur). (Polemisch gegen die mechanische Wärmetheorie u. A.:)
*P. Reis Das Wesen der Wärme. Versuch einer neuen Stoffanschauung der Wärme mit vergleichender Betrachtung der übrigen jetzt gebräuchlichen Wärmetheorie. Mainz 1864. 4°.
*C. A. Müller Grundlinien einer Morphologie der Wärme. Tübingen 1867. 8°.
*Nic. Radakowitsch Zur Wärmelehre; vom Standpunkte der Emanationstheorie. Göttingen 1867. 8°.
(Die vollständige Literatur über die Anwendung des Princips der Erhaltung der Kraft in den Fortschr. d. Phys. von dem ersten Jahrgange an: I. 344 [Joule], III. 229 [Joule; Séguin; Helmholtz], VIII. 369 [Rankine; W. Thomson; Kupffer; Joule] und in allen folgenden Bänden unter den Abschnitten „Theorie der Wärme" und „Allgemeine Theorie der Elektricität".)

Namen-Register.

(Die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.)

Die in den Literaturübersichten vorkommenden Namen sind nicht mit aufgeführt.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

J.

K.

S.

T.

V.

W.

X.

Y.

Z.

Sach-Register.

(Die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.)

Die nur in den Literaturübersichten angedeuteten Gegenstände sind in diesem Register nicht enthalten.

A.

B.

C.

D.

M.

N.

O.

P.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

Z.

Berichtigungen.

Seite 117,	Anmerkung,	lies:	SCHIEL	anstatt:	SCHILL
„ 142,	Zeile 17 v. o.,	„	Denker	„	Denkens
„ 143,	„ 21 v. u.,	„	anerkennt sie	„	anerkannt sei
„ 273,	„ 8 v. u.,	„	Physis	„	Physik
„ 305,	„ 10 v. o.,	„	nur Eine	„	eine Eine
„ 445,	„ 13 v. u.,	„	PAUCTON	„	PANCTON

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.